

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko – geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

**Hodnocení LCA energetických toků procesů
zpracujících biomasu až po její finální energetické
využití, zpracované pro obecní výtopnu v Hostětíně**

Disertační práce

Autor:

Ing. Christina Serafínová

Školitel:

prof. Ing. Raclavská Helena, CSc.

Datum odevzdání: červenec 2009

Ostrava

Prohlášení

- *Celou disertační práci včetně příloh jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.*
- *Byla jsem seznámena s tím, že na moji disertační práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.*
- *Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě disertační práci užít (§ 35 odst. 3).*
- *Souhlasím s tím, že jeden výtisk disertační práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího disertační práce. Souhlasím s tím, že údaje o disertační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.*
- *Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.*
- *Bylo sjednáno, že užít své dílo – disertační práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).*

V Ostravě dne: 23. července 2009

.....
Ing. Christina Serafinová

Poděkování

Chtěla bych touto cestou poděkovat za podporu, motivaci a cenné rady při tvorbě této práce, i v průběhu studia své školitelce prof. Ing. Heleně Raclavské, CSc. Zároveň patří mé poděkování Mgr. Radimovi Machů z Centra Veronica Hostětín a obci Hostětín, za spolupráci a konzultace o provozu obecní výtopny v Hostětíně. Stejně tak děkuji za konzultace RNDr. Aleně Labodové, PhD. a prof. RNDr. Pavlu Danihelkovi, CSc. V neposlední řadě patří mé díky rodině, bez jejíž podpory by tato práce nemohla vzniknout.

Anotace

Disertační práce se věnuje hodnocení životního cyklu (LCA) výroby tepla spalováním biomasy. V teoretické části zhodnocuje dosavadní poznatky o LCA, popisuje jeho metodiku a metody, které se pro LCA používají. Stejně tak popisuje biomasu a její úlohu v energetické, seznamuje se základním rozlišením biomasy na energetické plodiny a bioodpady. V krátkém přehledu seznamuje se spalovacím procesem a důležitými vlastnostmi paliv, která jsou z biomasy vyrobena. Praktická část práce se zabývá návrhem metodiky LCA pro výrobu tepla spalováním biomasy. Tento návrh vychází z poznatků o LCA a poznatků hodnocení biomasy. Na příkladu výroby tepla spalováním štěrky, vyrobené z bioodpadu (katalogové číslo 02 07 01, odpady z lesnictví), v obecní výtopně v Hostětíně, se práce věnuje rozboru vlastností této štěrky a následně aplikací navržené metodiky, hodnotí environmentální dopady, které jsou touto výrobou způsobeny. Závěr práce je souhrnem výsledků LCA, včetně výsledků srovnávací analýzy výroby tepla spalováním štěrky s výrobou tepla spalováním uhlí a výrobou tepla spalováním zemního plynu.

Klíčová slova:

biomasa, štěrka, spalování, hodnocení životního cyklu (LCA), inventarizační analýza životního cyklu (LCI), hodnocení environmentálních dopadů životního cyklu (LCIA)

Annotation

Dissertation work deals with Life Cycle Assessment (LCA) of heat production by wood Biomass combustion. Theoretical part is dedicated to describes present knowlwdges about LCA, describes metodology and methods used by practising LCA. Also describes biomass and its role in energetics. Introduces the basic differetation of biomass, energetics crops and biological waste. In the short overview introduces combustion process and important features of biofuels. Practical part deals with suggestion of the metodology of LCA for heat production produced by biomass combustion. This suggestion is based on the knowledges about LCA and biomass assessment. On the example of heat production by wood chips combustion, produced from wood waste (catalog number 02 07 01, wood from forestry, in municipal heating plant in Hostětín, deals dissertation work with analysing of features of wood chips and follows up aplication of suggested metodology. Assesses environmetntal impacts with caused by this heat production. Conclusion is the sumary of results of LCA incuding results of imperative analysis of heat production by wood chips, coal and gas combustion.

Keywords:

biomass, wood chips, combustion, Life Cycle Assessment (LCA), Life Cycle Inventory Analysis (LCI), Life Cycle Impact Analysis (LCIA)

Obsah

1	Úvod	1
2	Rámec a cíl disertační práce	2
2.1	Cíl disertační práce	4
3	Metoda LCA, princip a účel	5
3.1	Struktura sestavování LCA	6
3.1.1	Fáze stanovení cíle a rozsahu	7
3.1.2	Fáze inventarizační analýzy (LCI)	12
3.1.3	Fáze hodnocení dopadů (LCIA)	12
3.1.4	Fáze interpretace	15
3.1.5	Podávání zpráv a kritické přezkoumání	15
3.2	Metody pro LCIA	16
3.2.1	Eco-indicator 99	17
3.2.2	Global Warming Potential (GWP)	19
3.3	Softwarové nástroje pro LCA	21
3.3.1	Struktura LCA software	22
3.3.2	SimaPro 7.1	23
4	Biomasa a její spalování	24
4.1	Biomasa	24
4.1.1	Bioodpady	24
4.1.2	Energetické plodiny	25
4.2	Možnosti využití biomasy k energetickým účelům	25
4.2.1	Mechanické a chemické procesy	26
4.2.2	Suché procesy	26
4.2.3	Mokrý procesy	26

4.3	Spalování.....	27
4.3.1	Spalovací zařízení	27
4.3.2	Tepelné ztráty a účinnost spalovacích zařízení.....	28
4.3.3	Výpočtové množství spáleného paliva	29
4.4	Vlastnosti paliv ovlivňující spalování	30
4.4.1	Obsah vody – vlhkost biomasy	30
4.4.2	Spalné teplo a výhřevnost	32
4.4.3	Obsah popela.....	34
4.4.4	Elementární složení hořlaviny paliva	34
4.4.5	Objemová měrná hmotnost	35
4.5	Bobtnání a sesychání.....	36
4.6	Výpočet množství emisí	39
4.6.1	Stechiometrické výpočty (54)	39
4.6.2	Přepočet koncentrací na vztažné podmínky (59)	40
4.6.3	Výsledné množství emisí	41
5	Navržení metodiky použití LCA hodnocení environmentálních dopadů spalování biomasy pro získávání tepla konkrétního produktového systému	42
5.1	Fáze stanovení cílů a rozsahu studie	42
5.2	Hranice produktového systému.....	42
5.3	Návrh a popis jednotlivých kroků potřebných pro naplnění studie v souladu s normou ČSN EN ISO 14040	43
5.3.1	Funkce produktového systému	43
5.3.2	Funkční jednotka.....	43
5.3.3	Požadavky na množství a kvalitu dat.....	44
5.3.4	Fáze LCI	44
5.3.5	Fáze LCIA.....	44

5.3.6	Interpretace výsledků	44
6	Vlastnosti štěrky, vyrobené z bioodpadu, spalované v obecní výtopně Hostětín	45
6.1	Obsah vody – vlhkost	45
6.2	Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost, elementární složení hořlaviny paliva	51
6.3	Objemová měrná hmotnost	57
6.4	Bobtnání a sesychání	59
7	LCA výroby tepla ze spalování štěrky	60
7.1	Cíl	60
7.1.1	Posuzovaný produktový systém	60
7.2	Hranice systému a referenční tok	62
7.3	Funkce produktového systému	64
7.4	Funkční jednotka	64
7.5	Požadavky na množství a kvalitu dat	64
7.6	LCI tepla ze spalování štěrky	64
7.6.1	Vstupní data výroby 1 GJ tepla v obecní výtopně Hostětín	64
7.6.2	Hmotnostní a materiálové toky výroby štěrky o vlhkosti 32,5%, její dopravy, skladování a manipulace štěpkou ve skladu	65
7.6.3	LCI procesů výroby 0,370 prms štěrky o vlhkosti 32,5%, její dopravy, skladování a manipulace štěpkou ve skladu k zajištění výroby	73
7.6.4	LCI spalovacího procesu	75
7.6.5	Celková LCI výroby tepla ze spalování štěrky	80
7.7	LCIA výroby tepla spalováním štěrky metodou Eco-indicator 99	81
7.7.1	Environmentální profil	81
7.7.2	Hodnocení způsobených škod	82
7.7.3	Normalizace	83
7.7.1	Vážení	84

7.7.2	Dílčí závěr LCIA výroby tepla ze spalování štěpky metodou Eco – indikátor 99, verze 2.06.....	85
7.8	LCIA výroby tepla spalováním štěpky metodou GPW.....	91
7.8.1	Dílčí závěr LCIA výroby tepla ze spalování štěpky metodou GPW	92
7.9	Analýza citlivosti	93
7.9.1	Analýzy citlivosti LCA vyhodnocenou metodou Eco-indicator.....	93
7.9.2	Analýzy citlivosti LCA vyhodnocenou metodou GPW	94
	Celková citlivost změny údajů je pro GPW 20 0,6%, pro GPW 500 1,01%.	94
7.10	Verifikace výsledků	94
8	Srovnávací analýza.....	95
8.1	Srovnávací analýza, metoda Eco-indicator 99	96
8.1.1	Environmentální profil.....	96
8.1.2	Hodnocení škod	97
8.1.3	Normalizace	98
8.1.4	Vážení	99
8.1.5	Dílčí závěr.....	100
8.2	Srovnávací analýza, metoda GPW	103
8.2.1	Dílčí závěr.....	104
9	Vědecká diskuse a závěr.....	105
10	Vědecký a praktický přínos	110
	Citovaná literatura.....	111
	Seznam obrázků.....	122
	Seznam tabulek.....	124
	Seznam grafů	128
	Seznam příloh	130

Seznam zkratek

C	uhlík
Ca	sodík
Cl	chlor
CH ₄	metan
CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
DALY	přepočtová jednotka dopadu poškození lidského zdraví
DQI	indikátor kvality dat (z ang. Data Quality Indicator)
ESU-ETH	Ethernet Switch Unit, současně název databáze dat, součást software SimaPro
GHG	skleníkové plyny (z ang. Greenhouse Gas)
GWP	potenciál globálního oteplování (z ang. Global Warming Potential)
HM	maximální vlhkost
H, H ₂	vodík
H ₂ O	voda
NH ₃	amoniak
N ₂ O	oxin dusný
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change
J	joule, jednotka energie
K	draslík
kg	kilogram, jednotka hmotnosti

kW	kiloWatt, jednotka výkonu
kWh	kiloWatt hodina, jednotka energie
l	litr, jednotka objemu
LCA	hodnocení životního cyklu (z ang. Life Cycle Assessment)
LCI	inventarizační analýzy (z ang. Life Cycle Inventory)
LCIA	hodnocení dopadů na životní prostředí (z ang. Life Cycle Impact Assessment)
N, N ₂	dusík
N ₂ O	oxid dusný
NO _x	oxidy dusíku
Nm ³ /kg	normometr na kilogram, jednotka objemu plynu za normálních podmínek
m ³	metr krychlový, jednotka objemu
MEŘO	metylester řepkového oleje
MJ surplus	přepočtová jednotka dopadu čerpání zdrojů
VOC	těkavé organické látky
O, O ₂	kyslík
P	fosfor
Pa	pascal, jednotka tlaku
PAH	polyaromatické uhlovodíky
PDF*yr	přepočtová jednotka dopadu na kvalitu ekosystému
plm	plnometr
PM	prachové částičky (z ang. Particles Matters)

PM ₁₀	prachové částičky menší než 10 µm
prm	prostorový metr
prms	prostorový metr sýpaný
Pt	z celku (z ang. per total), (mPt - tisícina celku)
RRD	rychle rostoucí dřeviny
S	síra
SETAC	Společnost pro environmentální toxikologii a chemii (z ang. Society of Environmental Toxicology and Chemistry)
TZL	tuhé znečišťující látky
VŠB – TUO	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Σ	součet
ΣVOC	celkové množství těkavých organických látek vč. PAH

1 Úvod

Lidstvo se po více než dvou staletích průmyslového rozvoje, nekontrolovaného čerpání zdrojů a neuvědomělého znehodnocování životního prostředí ocitlo před problémem, který si po generace samo způsobovalo, bohužel stále i způsobuje. Tím problémem je změna klimatu a s ní související problémy.

Největší podíl na změnách klimatu, zejména na produkci skleníkových plynů (GHG), má především energetická a dopravní náročnost lidstva. Varující, i když pochopitelná, je zejména snaha mnoha rozvojových zemí světa dosáhnout stejných životních podmínek, jako ostatní průmyslové země světa. Přinese tak i větší nároky na veškeré, tedy i energetické, zdroje a jejich čerpání, využívání a s tím související zhoršující se životní prostředí a zdraví lidí (1). Odhaduje se, že do roku 2030 se celosvětově zvýší spotřeba energie o více než 50%, oproti roku 2005 (2).

Přestože byl v posledních dekáдах zaznamenán pokrok v úsporách na výrobu energie, její distribuci a transport, je spotřeba energie stále jednou z klíčových otázek (3). V návaznosti na Světový summit o udržitelném rozvoji, konaný v roce 2002 v Johannesburgu, a stanovené cíle tohoto summitu - The Millennium development Goals je snahou vládních a nevládních organizací celého světa přijetí principů udržitelného rozvoje do státních politik a programů a z toho plynoucí zamezení nekontrolovaného využívání zdrojů, zamezení zvyšování produkce GHG a posílení ochrany klimatu a zdraví lidí (4).

Jednou z prioritních oblastí Státní politiky životního prostředí ČR je snižování emisí u spalovacích procesů. Tato priorita je dále rozpracovaná do cílů národních programů a energetické koncepce. Jelikož má k jejímu naplnění přispět i zvýšení podílu využívání biomasy, stává se biomasa aktuálním a specifickým tématem na rozhraní energetiky, odpadového hospodářství, získávání druhotných surovin, využívání obnovitelných zdrojů energie, atd. (5), (6), (7)

Důležitou a nezastupitelnou roli v definování možností a příležitosti využití biomasy má oblast vědy a výzkumu, která se podílí na státních programech snižování emisí GHG a ochraně klimatu a svými poznatky tak přispívá k naplňování cílů národních programů a koncepcí v této oblasti.

2 Rámec a cíl disertační práce

Získávání elektrické a tepelné energie z obnovitelných zdrojů, potažmo biomasy, je veřejností považováno za příznivější k dopadům na životní prostředí, a to hned z několika důvodů. Jde o zdroje, jež jsou většinou snadno dosažitelné v závislosti na přírodních podmínkách, obnovitelné v relativně krátkém časovém období, využívání organických (biologických) odpadů pro získání energie, atd.

Biomasa a její energetický potenciál byl využíván po mnoho tisíciletí, aniž by způsoboval významné dopady na životní prostředí. Až s nástupem průmyslové revoluce na začátku 18. století a používáním fosilních paliv (tabulka 1), začalo docházet ke změnám klimatu. V roce 2005 byly celkové koncentrace CO_2 o 35% vyšší než v době před průmyslovou revolucí (8).

Tabulka 1: Vývoj struktury spotřeby energetických zdrojů ve světě (9)

zdroj	podíl	rok			
		1700	1800	1900	2000
dřevo	%	80	75	35	5
zemědělské odpady	%	20	20	10	5
uhlí	%	-	5	55	25
ropa	%	-	-	-	25
zemní plyn	%	-	-	-	20
jaderná energie	%	-	-	-	10
vodní energie	%	-	-	-	8
solární a větrná	%	-	-	-	2
CELKEM	%	100	100	100	100

Jedním z důležitých důvodů, proč je využívání biomasy považováno za příznivější k dopadům na životní prostředí, je zejména fakt, že tak dochází k náhradě fosilních paliv zdroji obnovitelnými, redukcí jejich čerpání a omezování emisí CO_2 do životního prostředí díky spalování těchto paliv. Při spalování biomasy do ovzduší je uvolňováno pouze takové množství CO_2 , jaké bylo do hmoty biomasy akumulováno fotosyntézou v období jejího růstu. Hovoříme tak o nulové bilanci CO_2 . Tím dochází k uzavření koloběhu uhlíku a

snížování emisí skleníkových plynů, musí se tak ovšem díť za stálé obnovy zdrojů čerpané biomasy (10), (9). Pokud se tak neděje, pak ani tuto energii nemůžeme považovat za obnovitelnou (11).

Tento fakt však hovoří pouze o spalovacích procesech jako takových. Je však třeba brát v úvahu, že k zabezpečení chodů těchto procesů je potřeba mnoha dalších doprovodných procesů, které se na bilanci CO₂ podílejí a zvyšují ji. Patří k nim procesy obhospodařování biomasy v době jejího růstu, pokud se jedná o biomasu záměrně pěstovanou pro energetické účely, transport biomasy do místa zpracování, zpracování biomasy na palivo (pelety, brikety, štěpkování, atd.), transporty a manipulace s vyrobeným palivem, dodávání elektrické energie pro spalovací procesy, vznik odpadů ze spalování paliva a následné nakládání s ním, atd. Je tedy zřejmé, že tyto doprovodné procesy využívají zejména fosilních paliv, které přispívají nejen ke zhoršení klimatu, ale i k dalším negativním dopadům na životní prostředí.

Pro to, aby bylo možné popsat a ohodnotit přínos využívání biomasy, jako paliva, které má příznivější dopady na životní prostředí, oproti využívání paliv fosilních, nestačí pouhé konstatování. Toto konstatování je třeba opřít o vědecké poznatky a závěry. Zároveň nestačí posuzovat jen dopad spalovacího procesu, ale také všech doprovodných procesů, jak je popsáno výše.

Snahou mnoha vědeckých studií bylo hodnocení environmentálních dopadů různých výrobních procesů pomocí metody Life cycle assessment (LCA), česky hodnocení životního cyklu. S postupem času začala být tato metoda používána i pro hodnocení environmentálních dopadů u procesů energetických, které využívají jako palivo právě biomasu např. LCA elektrárny na bioplyn získávaný z biomasy (12), anebo u těch procesů, které se podílejí na výrobě paliv z biomasy, např. LCA výroby etanolu pro dieselové motory (13). Jedná se však o jednotlivé studie, které pracují s LCA jako s nástrojem značně flexibilním, kdy závisí pouze na hodnotitelích, které z parametrů budou do studií zahrnuty. Bohužel tak dochází k tomu, že studie jsou porovnatelné jen v určitých společných bodech, jednotná metodika zatím neexistuje.

Přesto se ukázalo, že metoda LCA má široký rámec použití. Jde zejména o výrobovou politiku, ale i v jiná odvětví, kdy výrobek není „hmatatelný“. Lze hodnotit environmentální dopady, které s jeho výrobou souvisejí.

Snahou této disertační práce je nalezení možné aplikace metody LCA na procesy spalující biomasu. Navržení metodiky použití LCA by mělo dát nejen přehled o dopadech těchto procesů na životní prostředí, ale zároveň by tak mohl být vytvořen prostor pro porovnávání těchto procesů mezi sebou.

Podstatnou změnou by pak mohl být jiný přístup v posuzování environmentálních dopadů emisí CO₂, které při procesech spalování biomasy vznikají. Doporučení, jež je uvedeno ve článku (14), započítává emise CO₂ ze spalování biomasy do LCA celého procesu, při němž je biomasa spalována. Celková bilance emisí CO₂ spalování biomasy záměrně pěstované k energetickým účelům je ale vlivem uzavření uhlíkového cyklu nulová. Na rozdíl od toho emise CO₂ ze spalování biomasy stávající z bioodpadů, kdy je hranice systému nastavena od okamžiku vzniku bioodpadů, jsou hodnoceny kladně a započítávány do celkových emisí CO₂. Znázorněny v LCA celého procesu, při němž je biomasa spalována, jelikož k uzavření uhlíkového cyklu v tomto LCA dle (14) nedojde.

2.1 Cíl disertační práce

Cílem disertační práce je sestavení LCA výroby spalování štěpky, vzniklé v důsledek lesní těžby pro průmysl, probírek, prořezávek a obhospodařování lesa a lesních porostů, v obecní výtopně v Hostětíně, a vyhodnocení environmentálních dopadů, které spalování dřevní štěpky v obecní výtopně způsobuje.

Dílčí cíle:

1. Navržení metodiky použití LCA hodnocení environmentálních dopadů spalování biomasy pro získávání tepelné energie (dále jen tepla) pro hodnocení konkrétních produktových systémů, včetně všech doprovodných procesů.
2. Aplikace této metodiky a vyhodnocení environmentálních dopadů výroby tepla spalováním štěpky v obecní výtopně v Hostětíně.

3 Metoda LCA, princip a účel

LCA dle normy ČSN EN ISO 14040: „LCA se zaměřuje na environmentální aspekty a možné environmentální dopady v průběhu života produktu, od získávání surovin přes výrobu, užívání, úpravu po skončení životnosti, recyklaci a odstraňování (tzn. od kolébky po hrob) (15).“ Cílem této metody je definování a vyčíslení všech environmentálních dopadů s ním spojených (16). Termínem produkt se nemyslí jen hmotný produkt, ale také služby.

LCA je poměrně novým nástrojem environmentálního managementu, který dává možnost odpovědět výrobcům na otázku, zda je produkt a s ním spojená výroba šetrná k životnímu prostředí, identifikovat možnosti ke zlepšení environmentálního profilu daného produktu v různých fázích jeho životního cyklu. Zároveň dává možnost k porovnání shodných produktů z pohledů užití rozličných technologií a surovin při jeho výrobě a způsobech zneškodňování (17), a to formou modelování. Jeden produkt může mít několik variant životního cyklu, kdy lze na základě porovnání vyhodnotit variantu k životnímu prostředí nejšetrnější (16). LCA je metoda komparativní, která umožňuje hodnotitelům, na základě porovnání více variant řešení, rozhodnout se o zvolené surovině, postupu a technologii (18). LCA je tedy strategickým nástrojem pro rozhodovací proces, který by měl pomoci ve zmiřování environmentálních dopadů (19). V praxi našla metoda LCA uplatnění i při informování a přijímání rozhodnutí v průmyslu, ve vládních organizacích i nevládních organizacích (za účelem strategického plánování, určení priorit, vytvoření návrhu, atd.) (18), (15).

Metoda LCA má i svá omezení, se kterými je třeba počítat a která je nezbytné v rámci provádění studií zohledňovat. Mezi omezení LCA metody patří zejména:

- nastavení hranic posuzovaného systému, výběr zdrojů dat a údajů, jakož i určení oblastí environmentálních dopadů, jedná se o kroky čistě subjektivní a závislé na hodnotitelích a cíli studie;
- lze jí předvídat všeobecné environmentální dopady (např. globální oteplování způsobené uvolňováním CO₂ během celého životního cyklu), nelze však již

popsat konkrétní environmentální problémy v daném místě a čase (20) a z toho pramenící omezenou lokální aplikovatelnost;

- přesnost studií je omezená dostupností, či vhodností důležitých údajů, popř. jejich kvalitou, zároveň zobecňováním údajů a dat (například jejich převzetím z podobných studií), jež jsou využívány pro inventarizační analýzy a tak se zobecňují i výsledky LCA jako takové.

LCA neurčuje ekonomické nebo sociální aspekty produktů (21), a přestože pracuje s údaji využívání zdrojů, množství pevných odpadů, emisí znečišťujících látek a spotřebami energií, je možné díky ní předvídat jen všeobecné environmentální dopady (např. problém globálního oteplování způsobený emisemi CO₂ po dobu životního cyklu produktu) (20).

Počátky, které daly této metodě vzniknout, se datují do 70. let minulého století, kdy si lidstvo začalo uvědomovat vlivy a dopady na životní prostředí, která s sebou průmysl přináší. V té době již byly používány různé metody jako environmentální analýza, ekobilance, analýza zdrojů, environmentální profil. Užívání těchto metod vedlo v 90. letech 20. století k vytvoření metody LCA, která byla oficiálně představena a pojmenována v roce 1991 na konferenci organizované Společností pro environmentální toxikologii a chemii (SETAC). Metodika pro LCA byla vydána v rámci ISO norem 14 040 až 14 043 (22). V současné době jsou pro LCA metodiku platné normy ISO 14 040 a ISO 14 044, v České republice značené jako ČSN EN ISO 14040 resp. ČSN EN ISO 14044.

3.1 Struktura sestavování LCA

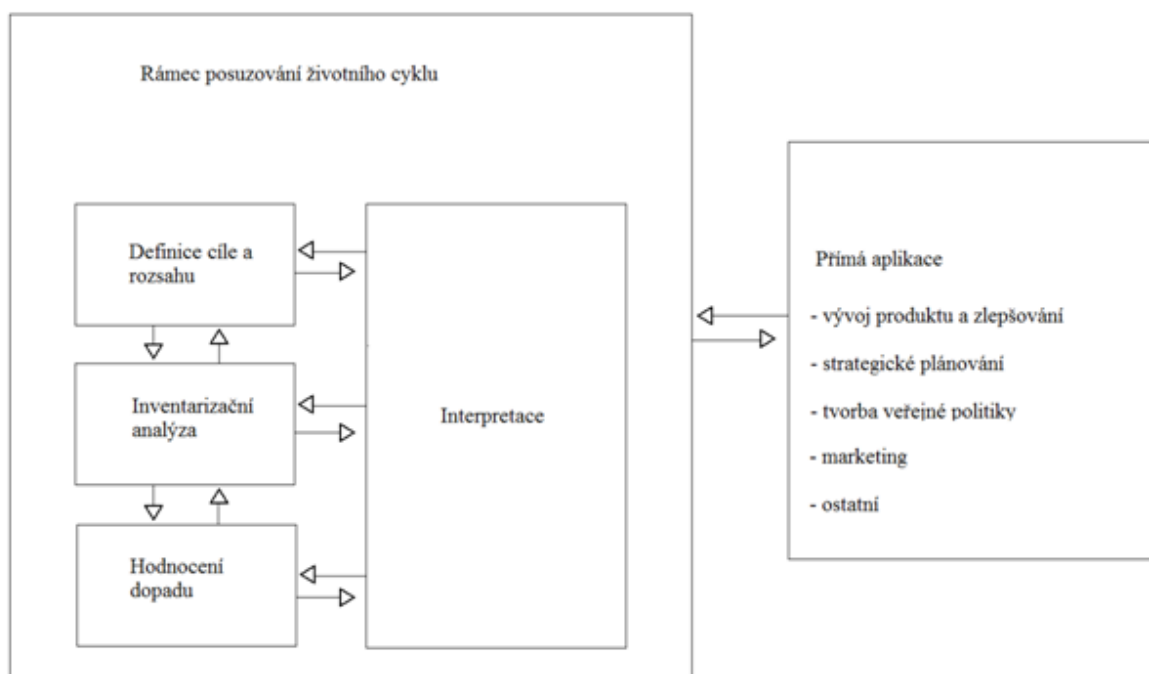
Struktura LCA se dělí na čtyři fáze dle (15):

1. Fáze stanovení cíle a rozsahu – rozsah, včetně hranice systému, a úroveň detailu LCA závisí na předmětu a zamýšleném užití studie. Hloubka a šíře studie se může významně lišit v závislosti na cíli dané studie.
2. Fáze inventarizační analýzy (LCI) – jde o znázornění modelu životního cyklu produktu se všemi vstupy a výstupy z/do životního prostředí. Vstupy a výstupy a jejich množství vztažené k funkční jednotce jsou znázorněny v inventarizačních

maticích jednotlivých procesů. V této fázi jde zejména o shromažďování údajů, které vedou k naplnění cíle studie.

3. Fáze hodnocení dopadů (LCIA) – smyslem této fáze je poskytovat dodatečné informace a tím ohodnotit výsledky produktového systému LCI, a také rozpoznat a vyjádřit význam environmentálních dopadů všech vstupů a výstupů.
4. Fáze interpretace – shrnuje výsledky z LCI a/nebo LCIA analýzy, které jsou následně diskutovány jako základ pro závěry, doporučení a rozhodování v souladu s definovaným cílem a rozsahem studie.

Jelikož je LCA iterativní metodou, jednotlivé fáze využívají výsledky ostatních fází, šipkami naznačená dvojsměrnost ukazuje provázanost a doplňování jednotlivých fází LCA. Tento přístup přispívá k ucelenosti a konzistenci studie a jí předkládaných výsledků (obrázek 1).



Obrázek 1: Fáze LCA a jejich vzájemné vazby (15)

3.1.1 Fáze stanovení cíle a rozsahu

Stanovení cíle LCA studie by mělo vycházet z těchto bodů:

- zamýšleného použití LCA studie (účel a důvod studie);
- zamýšlené skupiny adresátů (komu studie slouží).

Použití a zamýšlené skupiny adresátů LCA studie by měly být jasně popsány tak, aby byla zajištěna dostatečná informovanost všech zainteresovaných stran o probíhající studii a aby tak případné nové požadavky mohly být pružné, jasně definované a naplňované. Stejně tak nutné je jasně definovat, jak bude naloženo se závěry LCA studie (23).

Rozsah pak musí být stanoven tak, aby bylo zajištěno, že šíře, hloubka a podrobnost studie jsou vzájemně v souladu a dostatečně odpovídají cíli (15). Pro definování rozsahu LCA studie je nutno ve studii popsat následující kroky:

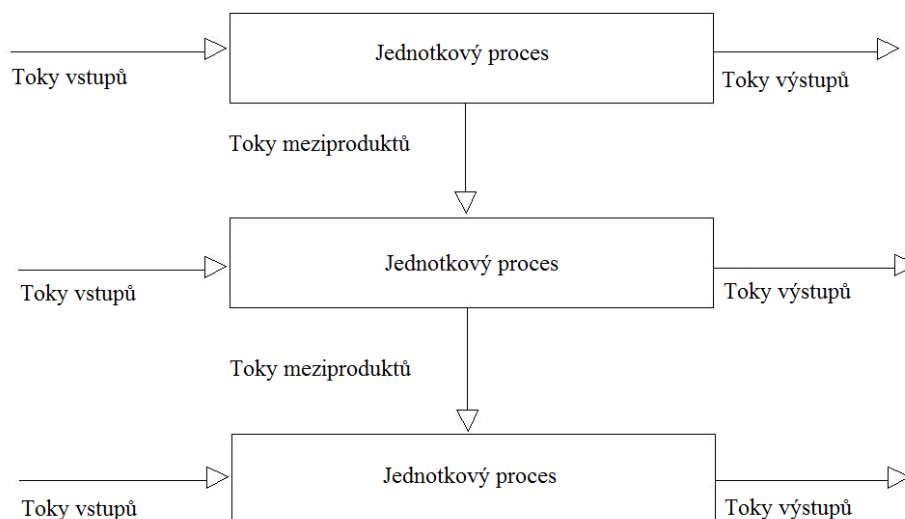
- **produktový systém;**
- **funkci produktového systému;**
- **funkční jednotku produktového systému a referenčního toku;**
- **hranice systému;**
- **předpoklady a omezení studie;**
- **požadavky na množství a kvalitu dat;**
- **alokace;**
- **vybrané kategorie environmentálních dopadů vč. metodologie;**
- **použitá interpretace;**
- **typ kritického přezkoumání, je-li;**
- **typ a formát zprávy vyžadované studií (15).**

Produktový systém (obrázek 3) je soubor navzájem propojených jednotkových procesů, které vedou k vyprodukování požadované **funkce produktového systému** (výrobku nebo služby např. výroba tepla). Rozdělení na jednotkové procesy (obrázek 2) usnadňuje identifikaci vstupů a výstupů produktového systému. Jednotkové procesy jsou spojeny toky meziproduktů, odpadů, s ostatními produktovými systémy jsou spojeny tzv. produktovými toky a se životním prostředím toky elementárními.

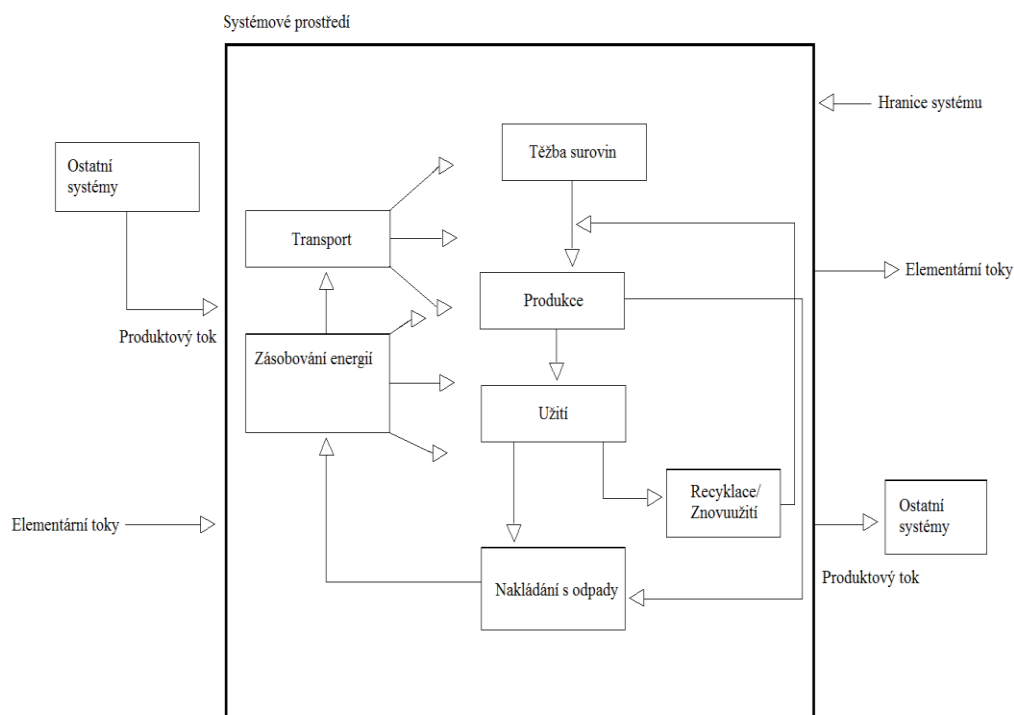
Funkční jednotka kvantifikuje funkci produktového systému a umožňuje porovnatelnost různých produktových systémů mezi sebou. Stává se tak základem všech

LCA studií, protože tak poskytuje rámec, ke kterému jsou pak vztahována všechna ostatní data potřebná ke studii (24). Porovnatelnost výsledků LCA studií je zvláště důležitá v případech, kdy je potřeba porovnat dva a více rozličné produktové systémy plnící stejnou funkci, zvolením shodné funkční jednotky se tato porovnatelnost zajistí na stejném základě.

Referenčním tokem pak rozumíme množství produktů (vstupů) potřebných ke splnění funkce produktového systému (24), vyjádřené k funkční jednotce.



Obrázek 2: Soubor jednotkových procesů v produktovém systému (15)

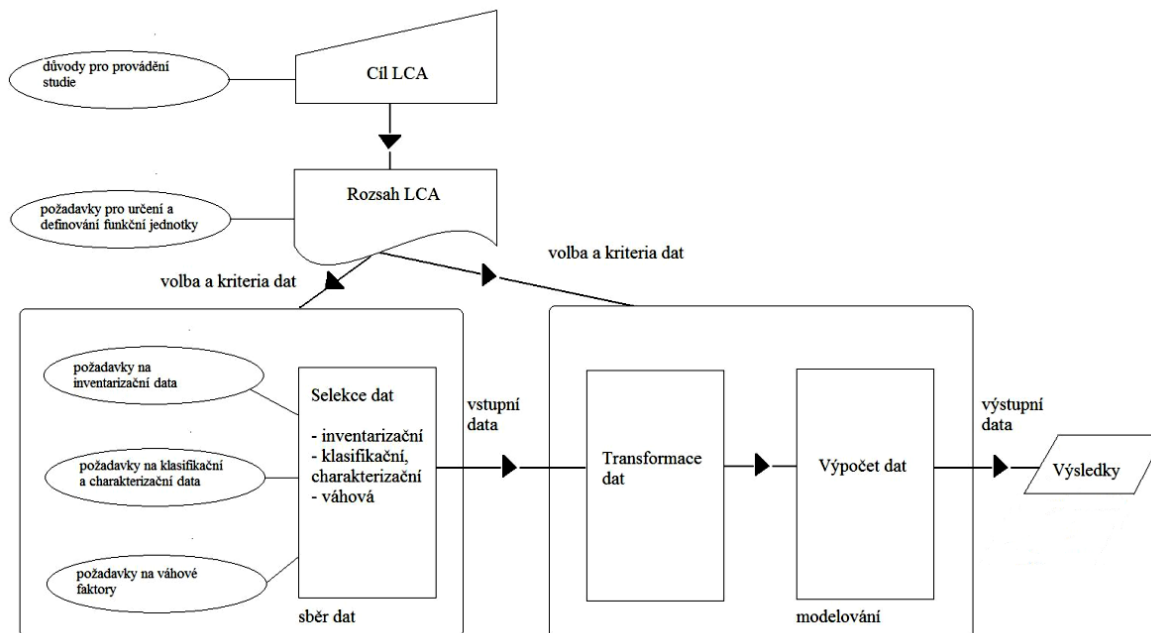


Obrázek 3: Příklad ohraničeného produktového systému LCA (15)

Hranice produktového systému (obrázek 3) určují, které jednotkové procesy budou v rámci LCA studie zahrnuty a které nikoli. Nastavení hranic produktového systému by tedy mělo být o systému vypovídající, nemělo by však docházet k tomu, aby byly ze studie vynechány významné vstupy a výstupy. Při vymezení hranic se tedy doporučuje vynechat energetické vstupy, jejichž množství při kvantifikaci k funkční jednotce nepřesáhne 5%. V případě materiálových vstupů je potřeba brát v úvahu strategickou důležitost daného materiálového vstupu, a pokud je to možné a nepřesahuje zmíněnou hranici 5 %, pak i tento ze studie vynechat (18). Grafické znázornění systému dává lépe pochopit jeho jednotkové procesy i nastavení hranic, je tedy vhodné tato grafická znázornění včleňovat do LCA studií.

Požadavky na množství a kvalitu dat jsou důležité pro sestavení co nejpřesnější LCA studie a na její správnou interpretaci. Kvalitní údaje by měly být přesné, úplné, reprezentativní, ucelené, reprodukovatelné, věrohodné, transparentní a měly by vzniknout na začátku samotné studie. Pro naplnění těchto požadavků na data by měly být vytvořeny tzv. indikátory kvality dat (DQI), které udávají, jaká data je potřeba zajistit pro naplnění

cíle studie. V současné době však nejsou DQI normou popsány, např. software SimaPro za DQI volí čas, geografickou polohu, typ dat, alokaci a nastavení hranic produktového systému (12).



Obrázek 4: Schematické znázornění transformace vstupních dat na výstupní při modelování LCA studie (25)

Vstupní data se skládají z informací nutných pro:

- správné stanovení funkční jednotky ve fázi definování cíle;
- pro fázi inventarizace sestavení celkového popisu produktového systému jak z ohledu technických dat, tak i dat environmentálních, což dává za vznik inventarizační matici;
- pro fázi klasifikace a charakterizaci se vstupní data skládají ze všech informací potřebných pro sestavení ekvivalentů, jež jsou potřebné pro samotné hodnocení environmentálních dopadů, kdy následně vzniká environmentální profil daného produktového systému;
- ve fázi vážení jsou vstupní data potřebná k tomu, aby na základě získaného environmentálního profilu za pomoci váhových faktorů, vznikl tzv. environmentální index (25) – určuje se tak závažnost environmentálního dopadu (17).

3.1.2 Fáze inventarizační analýzy (LCI)

Při provádění inventarizační analýzy je potřeba dobře nastavit hranice produktového systému. Tento proces a jeho jednotkové procesy je třeba znát pro to, aby bylo možné zajistit sběr údajů a dat, případně jejich dopočty odpovídajících vstupům a výstupům z produktového systému.¹ Proto se jako první krok LCI tvoří tzv. procesní strom (tj. schéma procesních toků).

Po sběru a výpočtových postupech, kdy se ověřuje správnost shromážděných údajů, jejich přiřazení k jednotkovým procesům a referenčnímu toku funkční jednotky (alokace), se vytváří inventarizační matice pro každý jednotkový proces dle definované funkční jednotky produktového systému.²

Výstupem LCI je pak inventarizační matice. Tato matice poskytuje informace o jednotlivých etapách životního cyklu (jednotkových procesech) z pohledu množství vstupů, výstupů, vlivů na životní prostředí (emise do ovzduší, vod, půdy) a je základem pro fázi hodnocení dopadů.

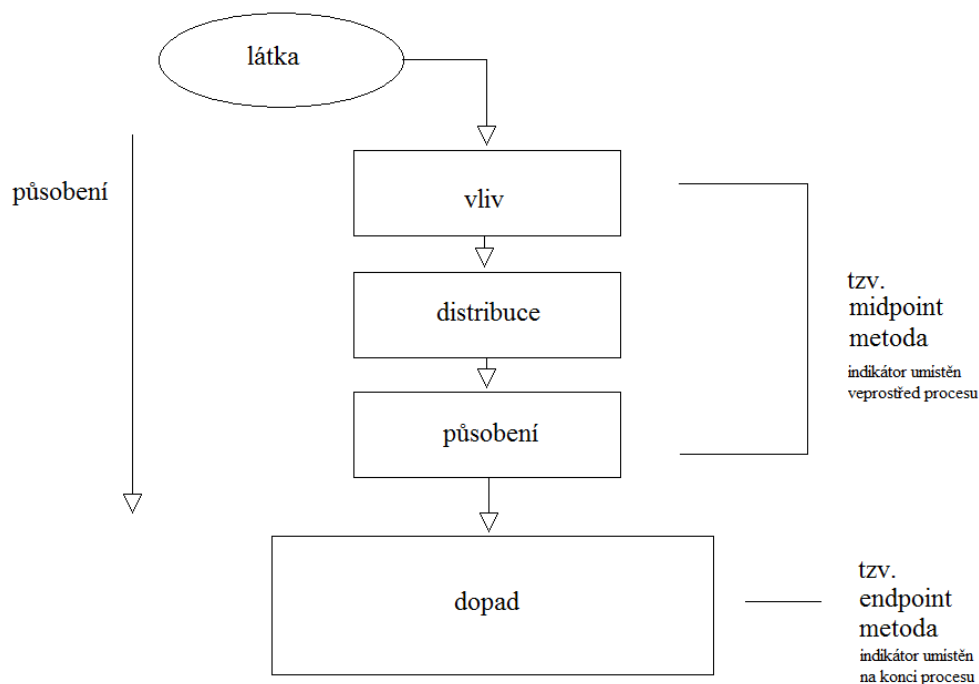
Po zpracování LCI požaduje norma provést posouzení kvality údajů a citlivostní analýzu významných vstupů a výstupů životního cyklu produktu (26).

3.1.3 Fáze hodnocení dopadů (LCIA)

LCIA se zaměřuje na hodnocení environmentálních dopadů posuzovaného produktového systému. Působení látek uvolněných do životního prostředí lze rozdělit do jedné nebo více kategorií dopadů a její chování v dané kategorii popsat environmentálním mechanismem (obrázek 5).

¹ Alokace je krok v LCI, který určuje jednotlivá místa vstupů, výstupů, vznik produktů a meziproduktů, recyklovaných produktů v daném jednotkovém procesu nebo mezi více jednotkovými procesy v rámci posuzovaného produktového systému. Existuje 5 alokačních technik, viz (17), ovšem norma doporučuje se alokaci, pokud je to možné, vyhnout.

² Při výpočtu energetických toků mají být vzata v úvahu různá paliva a použité zdroje elektrické energie, efektivita přeměny a distribuce energetického toku, stejně jako vstupy a výstupy související s výrobou tohoto energetického toku.



Obrázek 5: Působení látky v životním prostředí (27)

Norma stanovuje pro LCIA tyto 4 kroky:

- klasifikaci;
- charakterizaci;
- normalizaci;
- vážení.³

Těmto krokům předchází výběr kategorií dopadů⁴, indikátorů dopadů⁵ a charakterizační model⁶ (26).

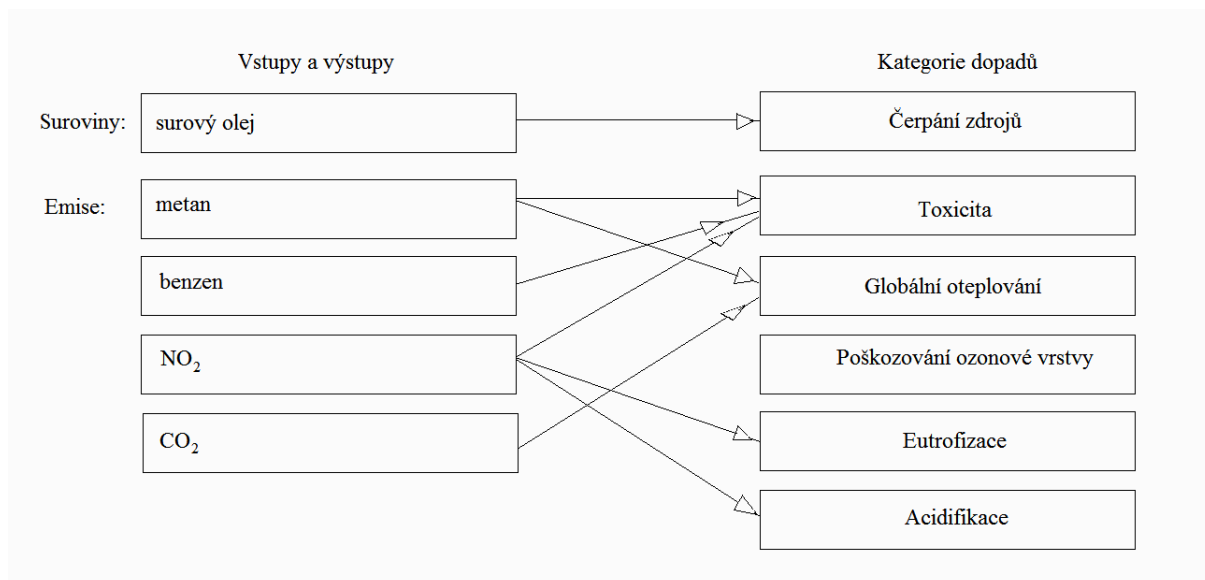
³ Klasifikace a charakterizace jsou kroky povinné, normalizace a vážení pak kroky nepovinné.

⁴ Kategorie dopadu je třída reprezentující environmentální problémy, k nimž mohou být přiřazeny výsledky inventarizační analýzy.

⁵ Indikátor kategorie (indikátor kategorie dopadu životního cyklu) je kvantifikovatelná veličina reprezentující kategorii dopadu.

⁶ Charakterizační model tvoří základ pro výpočet charakterizačního faktoru. Popisuje chování emise v životním prostředí.

Klasifikace znamená přiřazení vstupů a výstupů do některé z kategorií dopadů (dále jen kategorie). Data z inventarizační matice jsou tak rozdělená do kategorií, kdy volba kategorie je subjektivní, závislá na posouzení hodnotitelů. Některé z výstupů mohou být přiřazeny i k více kategoriím (např. NO_x způsobující jak acidifikaci, tak eutrofizaci a toxicitu). Na obrázku 6 je znázorněn vztah mezi emisemi a kategoriemi, které patří k nejběžněji používaným v LCA studiích, mohou však být rozšířeny i o další kategorie.



Obrázek 6: Vztah mezi emisemi a kategoriemi dopadů (17)

Rozdělení kategorií:

- globální (globální oteplování, poškození ozónové vrstvy, čerpání zdrojů, užívání půdy);
- regionální (acidifikace, eutrofizace, tvorba přízemního ozónu, ekotoxicita, smog);
- lokální (přímé toxické působení, radiace, kontaminace půdy, zápach, hluk).

Charakterizace je proces „harmonizace“ hodnot vstupů a výstupů v kategoriích tak, aby jejich vyjádření bylo jednotné. Tento proces probíhá z toho důvodu, že jednotlivé dopady jsou za pomoci tzv. **ekvivalenčních faktorů** ohodnoceny a kvantifikovány. Pokud jsou všechny vstupy a výstupy „harmonizovány“, znamená to, že mají shodný ekvivalent

odpovídající příslušné kategorii.⁷ Charakterizace dává za vznik seznamu potenciálních environmentálních dopadů, vyjádření environmentálních dopadů jednotlivých kategorií pak vytvoří celkový **environmentální profil** produktu nebo služby.

Normalizace je nepovinný krok LCIA a umožňuje porovnání kategorií mezi sebou. Každá z kategorií je reprezentována jiným ekvivalentem. Normalizace pro každou kategorii je poměr celkového ročního dopadu dané kategorie v daném regionu (veškeré CO₂ ekvivalent v daném regionu) k dopadu v dané kategorii posuzovaného produktového systému (emise CO₂ ekvivalent z výroby produktu nebo služby). Výsledkem je tedy bezrozměrné číslo, udávající hodnotu významnosti dané kategorie v porovnání s ostatními.

Vážení nabízí možnost porovnání environmentálních dopadů různých produktů plnící stejnou funkci ve shodných kategoriích. Toto porovnání nám dává možnost rozhodnout, který z těchto produktů je šetrnější k životnímu prostředí.

O metodách používaných pro stanovení environmentálních dopadů pojednává kapitola 3.2.

3.1.4 Fáze interpretace

V této fázi LCA jsou zvažována zjištění z LCI a LCIA. Nejdůležitější je především zachování transparentnosti postupu, protože hodnocení životního cyklu patří mezi interaktivní metody. Interpretace by měla dodat výsledky, které jsou v souladu s cílem a rozsahem studie a které vyvozují konkrétní závěry prováděné LCA studie, zhodnocení její kvality, vysvětlení možných nejasností a hlavně zdůraznění významných problémů v životním cyklu produktu (26). Zároveň tyto závěry, příp. doporučení, mohou být podstoupeny osobám účastnícím se rozhodovacího procesu – například pro vývoj a zlepšení produktu, marketing atd.

3.1.5 Podávání zpráv a kritické přezkoumání

Podávání zpráv je, na rozdíl od fáze interpretace, souhrnné zpracování všech výsledků a závěrů LCA studie do podoby zprávy, která je předávána zamýšlené skupině

⁷ Např. metan má ekvivalenční faktor 11, což znamená, že 1 kg metanu odpovídá 11 kg CO₂. Výsledek je pak vyjádřen v množství ekvivalentu CO₂.

adresátů. Zpráva by měla obsahovat údaje, metody, předpoklady a omezení studie, vztah mezi výsledky LCI, popis kvality údajů, výběr kategorií dopadů, atd. viz (15).

Kritické přezkoumání je proces, kterým se ověřuje, zda LCA studie splnila požadavky na metodologii, údaje, interpretaci a podávání zpráv a zda je v souladu se základními pravidly metodiky. Rozsah a typ kritického přezkoumání je definován ve fázi stanovení rozsahu LCA studie (15).

Rozlišujeme dvě základní kritická přezkoumání:

- interním nebo externím expertem;
- týmem zainteresovaných stran.

3.2 Metody pro LCIA

Problematika posuzování environmentálních dopadů je složitou záležitostí. Pro to, aby bylo možno environmentální dopady hodnotit, byly vytvořeny rozličné metody. Rozdílnost spočívá zejména v umístění indikátoru kategorie. Při zpracování studie LCA je metoda pro posuzování dopadů vybrána podle cíle studie a podle toho, komu jsou výsledky určeny. Odborné veřejnosti je vhodné předkládat studie hodnocené metodami se zaměřením na midpoint⁸ indikátory s jasnou interpretací ekvivalentních jednotek. Naproti tomu pro neodbornou veřejnost nebo pro strategická rozhodnutí firem je vhodné použít pro posuzování dopadů metodu typu endpoint⁹ s využitím normalizace a vážení (přepočet na jednoho ukazatele). Výsledky posuzování dopadů před aplikací normalizace a vážení však musí zůstat dostupné (26).

Literatura (17), (26) uvádí přehled a popis jednotlivých metodik pro hodnocení environmentálních dopadů. Zabývat se těmito metodami by bylo v rámci práce velmi popisné a obšírné, proto budou popsány jen metody LCIA, které jsou využity pro LCA definovanou v cíli této disertační práce.

⁸ Indikátor, který je vložen doprostřed environmentálního mechanismu.

⁹ Indikátor, který je vložen na konci environmentálního mechanismu.

3.2.1 Eco-indicator 99

Metodu Eco-indicator poprvé představili Mark Goedkoop a jeho spolupracovníci v roce 1995, tehdy jako Eco-indicator 95 viz (28). Je o nástroj který měl usnadnit ohodnocování environmentálních dopadů procesů v LCA analýzách těchto procesů. Metoda Eco-indicator 95 je výsledným produktem projektu Eco-indicator, který vznikl z popudu rozvoje procedury vážení v LCA analýzách do plnohodnotné metody, která ohodnotí dopady procesů na životní prostředí. Vznik projektu Eco-indicatoru byl podporován nejen SETAC, ale i dánskou vládou. Přestože byla tato metoda velmi využívána návrháři produktů, experti z oblasti životního prostředí jí vytýkali nedostatečné množství hodnocených aspektů a tak i výsledných indikátorů (asi 100). Proto došlo k revizi metodiky a v roce 1999 byla týmem autorů, opět v čele s Markem Goedkoopem, představena metoda Eco-indicator 99 viz (29), (30) a detailně (31), která rozšířila množství hodnocených aspektů. Změnilo se i celkové zaměření metody z tzv. principu distance-to-target¹⁰ na přístup zaměřený na dopady, které procesy způsobují na životním prostředí. Více o rozdílech metod Eco-indicator 95 a Eco-indicator 99 v (29) a (31).

Pro kategorizaci environmentálních dopadů byly do metody Eco-indicator 99 zavedeny tři hlavní kategorie, se zaměřením poškození:

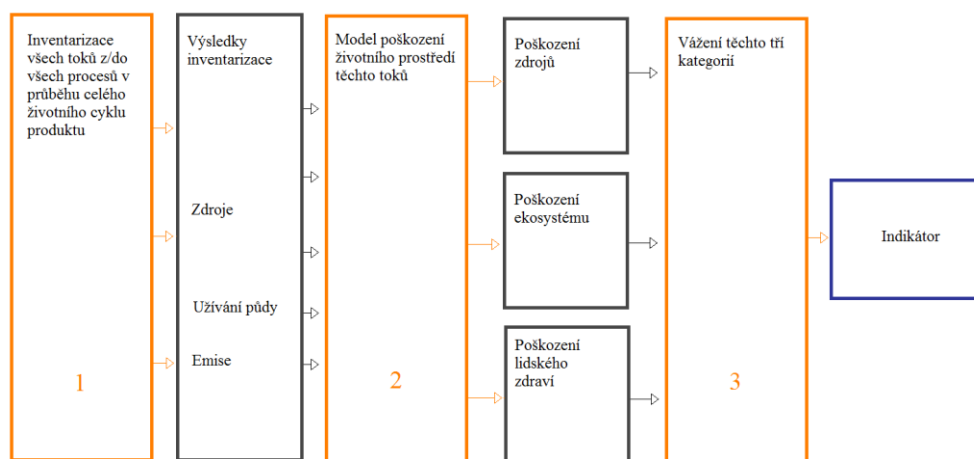
- **lidského zdraví** – zahrnuje počet a dobu trvání nemocí a zkrácení doby života předčasným úmrtím v důsledku příčin souvisejících s poškozením životního prostředí. Důsledky změn, vedoucích k poškození životního prostředí a následně zdraví lidí jsou: klimatické změny, poškozování ozonové vrstvy, karcinogenní účinky, respirační účinky, radioaktivita;
- **kvality ekosystému** – do této kategorie řadíme účinky související s druhovou rozmanitostí (ubývání druhů): ekotoxicita, acidifikace, eutrofizace a využívání půdy;

¹⁰ Princip distance-to-target záleží na stávajícím účinku a cílové hodnotě, tedy koeficientem přepočítané hodnotě, na škody způsobené na životním prostředí na úrovni Evropy (28).

- **zdrojů** – do této kategorie je řazeno množství energie potřebné v budoucnosti pro dobývání materiálů s nižší kvalitou než dnes¹¹ a fosilní zdroje (29).¹²

Eko-indikátory jsou čísla¹³, která vyjadřují celkové zatížení životního prostředí způsobené produktem nebo procesem v průběhu jejich celého životního cyklu. Pro to, aby bylo možné vypočítat výsledné eko-indikátory je zapotřebí podstoupit 3 základní kroky metody Eco-indicator 99:

1. Sestavit inventarizaci veškerých emisí, čerpání zdrojů a užívání půdy všech procesů životního cyklu produktu.
2. Vypočítat dopady na lidské zdraví, ekosystém a zdroje.
3. Provést vážení kategorií dopadů uvedených v bodě 2.



Obrázek 7: Popis mechanismu výpočtu eko-indikátorů. Světlé rámečky znamenají jednotlivé procedury tohoto mechanismu, černé rámečky pak znamenají mezivýsledky dosažené jednotlivými mechanismy (30)

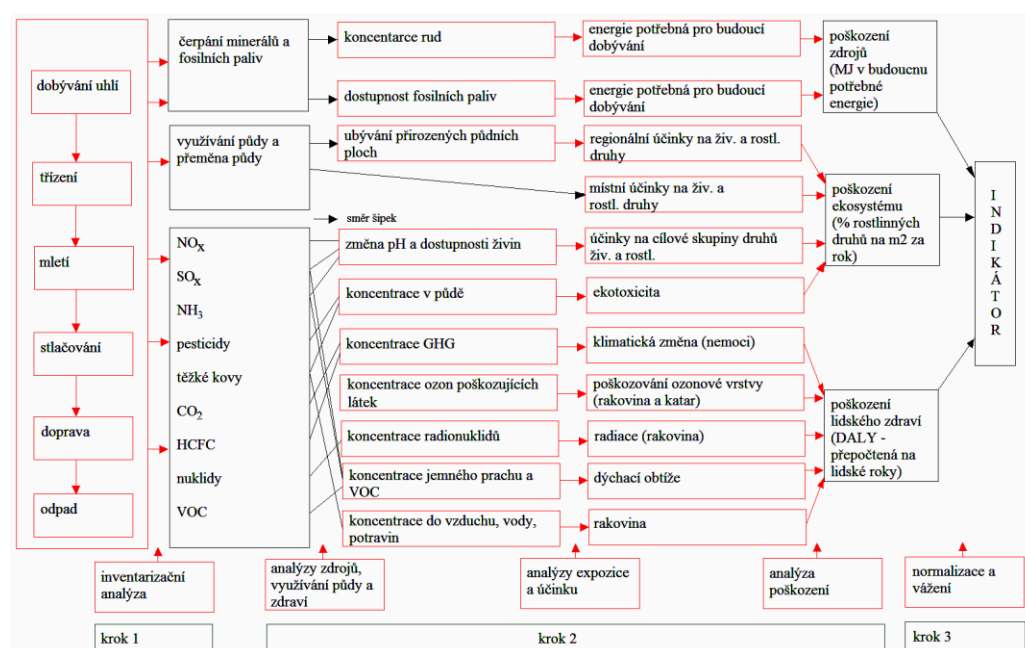
V rámci vývoje metody byly vyvinuty mechanismy a databáze, které jsou dnes součástí softwarových programů pro LCA analýzy. Pro standardizaci eko-indikátorů byla používána zejména databáze vyvinutá ESU-ETH v Curychu, jelikož její data jsou známá a dokumentovaná. Kromě toho byla pro standardizaci eko-indikátorů použita i data

¹¹ Přesto jsou tyto přírodní zdroje životně důležité pro budoucí generace. Jejich dobývání však bude, z hlediska dostupnosti, obtížnější než je tomu nyní.

¹² Autoři v literatuře (29) konstatují, že i při zařazení dalších účinků (hluk, skleníkový efekt) do příslušných kategorií nebude nikdy, z hlediska dalších možných účinků, metoda v podstatě nikdy kompletní.

¹³ Eko-indikátory a číselné hodnoty jsou již dnes součástí softwarových nástrojů pro tvorbu LCA.

v software SimaPro. Pro značnou obsáhlost vývoje metody Eco-indicator 99 je v této práci znázorněn jen tzv. „damage model“ - mechanismu metody Eco-indicator 99. Více uvádí literatura, (29), (30) a (31) spolu s doporučením nepoužívat pro metodu Eco-indicator 99 databáze s indikátory, které byly vyvinuty pro jiné metody posuzování (např. pro Eco-indicator 95).



Obrázek 8: Detailní schematické znázornění „damage modelu“ - mechanismu metody Eco-indicator 99 (30)

3.2.2 Global Warmnig Potential (GWP)

GHG produkované lidskou společností způsobují globální oteplování. Nejvýznamnějšími GHG jsou CO₂, CH₄, N₂O a uhlovodíky obsahující halogenovou skupinu. Pro vyjádření podílu těchto GHG přispívajících ke globálnímu oteplování vyvinula Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) systém charakterizačních faktorů, které umožňují porovnávání (vážení) různých látek, podle jejich příspěvku k produkci GHG. Jde o porovnání těchto látek pomocí GWP. Jedná se o číselné vyjádření množství toho, jak se dané GHG podílejí na globálním oteplování (32). Jev, který toto oteplování způsobuje je zahraničními zdroji pojmenován jako „radiative forcing“¹⁴, pro

¹⁴ „Netto ozáření“ je to rozdíl mezi vstupující a vystupující radiační energií do klimatického systému, je vyjádřen ve Watech na čtvereční metr (36), podílí se tak na oteplování či ochlazování Země.

než nebyl ve slovnících nalezen český ekvivalent. GWP určitého GHG se vypočítává pro specifický časový interval (20, 100, 500 let) z emisí přepočtených na odpovídající množství CO₂, tzv. CO₂ ekvivalent. (33), (34)

Přepočet na CO₂ volila IPCC z toho důvodu, že tento plyn má nejvýznamnější podíl na globálním oteplování. Očekávaný podíl na tomto oteplování je vypočítáván na základě znalostí jeho kapacity absorpce infračervených paprsků a očekávaného setrvání v atmosféře.

GWP je definován jako podíl časového integrálu součinu okamžité radiační účinnosti, vyjádřený jako tzv. „radiative forcing“ a okamžitého rozkladu 1 kg daného GHG plynu k plynu referenčnímu (CO₂).

Rovnice 1¹⁵

$$GWP(x) = \frac{\int_0^{TH} a_x \cdot [x(t)] dt}{\int_0^{TH} a_r \cdot [r(t)] dt} \quad (\text{CO}_{2\text{ekvivalent}})$$

Radiační účinnost a_x a a_r není nutně konstantní v čase, ne u všech GHG je lineární v závislosti na množství, (např. u CO₂, CH₄, N₂O). U těchto plynů „radiative forcing“ závisí jednak na množství a jednak na vývoji scénáře globálního oteplování v budoucnu.

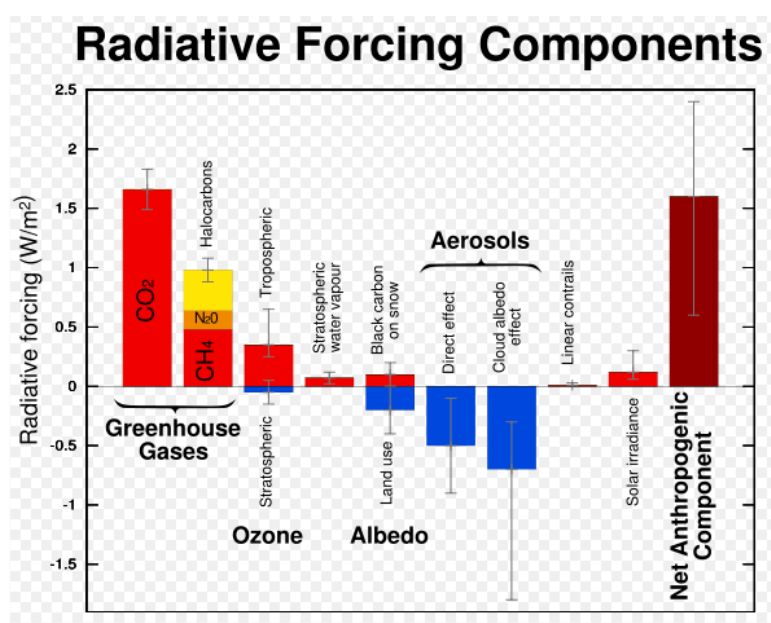
Obrázek 9 popisuje odhad vývoje „radiative forcing“ od roku 1750 do roku 2005, tabulka 2 uvádí GPW nejdůležitějších GHG přepočtených dle CO₂ ekvivalentu, hodnoty jednotlivých GHG popisují, jak mnoho by jejich GPW v daném časovém horizontu zvýšil podíl na „radiative forcing“ oproti 1 kg CO₂¹⁶. Podrobná tabulka GPW je uvedena v literatuře (35) na straně 212.

¹⁵ TH - je časový horizont, pro který je rozpad počítán; a_x - je radiační účinnost díky vztažené jednotce látky vyjádřena např. Wm⁻² kg⁻¹; $[x(t)]$ - je na čase závislý rozpad množství látky následující po okamžitém rozkladu v čase t=0; jmenovatel obsahuje odpovídající množství referenčního plynu (CO₂).

¹⁶ CO₂ má GWP roven 1, pak podle definice by plyn s GHG rovno 50 zvýšil „radioactive forcing“ 50 krát více než stejné množství CO₂ (32).

Tabulka 2: GPW nejdůležitějších GHG přepočtených dle CO₂ ekvivalentu (35)

název plynu	Global Warming Potential		
	20 let	100 let	500 let
oxid uhličitý (CO ₂)	1	1	1
metan (CH ₄)	27	25	7,6
oxid dusný (N ₂ O)	289	298	153



Obrázek 9: Odhad vývoje „radiative forcing“ od roku 1750 do roku 2005. (36)

GPW je mezinárodně uznávanou midpoint metodou.

3.3 Softwarové nástroje pro LCA

Mnohé soukromé společnosti i státní organizace, které pracují na rozvoji metody LCA, se podílejí i na tvorbě databází a rozvoji aplikačních softwarů. Požadavky na sestavení databází pro LCA studie vzešly ze snahy SETAC LCA Steering Committee, která poukázala na nutnost zlepšení, dostupnost a zisk kvalitních dat pro LCI resp. LCA studie. SETAC LCA Steering Committee poukazovala zejména na skutečnost, že tímto dojde k usnadnění, časovému zkrácení a zlevnění LCA studií jako takových (37).

Mezi nejznámější softwarové nástroje pro zpracování LCA patří GaBi, SimaPro, Umberto, Boustead Model (38). Tyto počítačové softwary mají rozsáhlou strukturu a

možnosti použití od modelování energetických a materiálových toků, posuzování environmentálních dopadů, přes možnosti porovnávání jednotlivých LCA analýz ve zvolených parametrech (environmentální dopady pro ovzduší, změny klimatu, atd.) a interpretaci. Nabízejí tak uživatelům velké možnosti. Jde především o kvalitní tvorbu LCA studií, ale i úsporu času, zejména proto, že pro realizaci LCA studie se zpracovává velké množství dat.

Požadavky na daný software jsou stěžejní nejen pro ty, jež LCA studie provádějí, ale také pro ty, jež software vyvíjejí.

Požadavky sektoru vědy a výzkumu a průmyslu na nástroje podporující LCA jsou tak poněkud odlišné. Průmysl potřebuje tzv. „ready-to-use“ software, tedy takový, který slouží potřebám konkrétního podniku k zlepšení jejich environmentálního profilu (v závislosti na výrobě), kdy spousta parametrů a dat je již v softwaru obsažena a jen malá část dat musí být definována a získána přímo z výrobních procesů. Potom i přijetí rozhodnutí o daných postupech a zlepšeních tak vychází z porovnání různých variant řešení, které software modeluje. Tato řešení musí být vizuálně i technicky dobře uchopitelná. Naproti tomu oblast vědy a výzkumu potřebuje takový software, který je flexibilní a umožňuje modelovat různá LCA, od „běžných“ (výroba elektrické energie) po velmi úzce oborově specializované studie, při kterých vznikají a zpracovávají se zcela nová data (39).

Tyto skutečnosti, tedy uspokojení požadavků obou skupin potenciálních zákazníků, vedou k neustálému zdokonalování softwarových nástrojů, což se odráží i v jejich ceně. Ta se tak stává pro mnoho uživatelů limitující. Volbě vhodného softwaru může pomoci několik rad uvedených v literatuře (39).

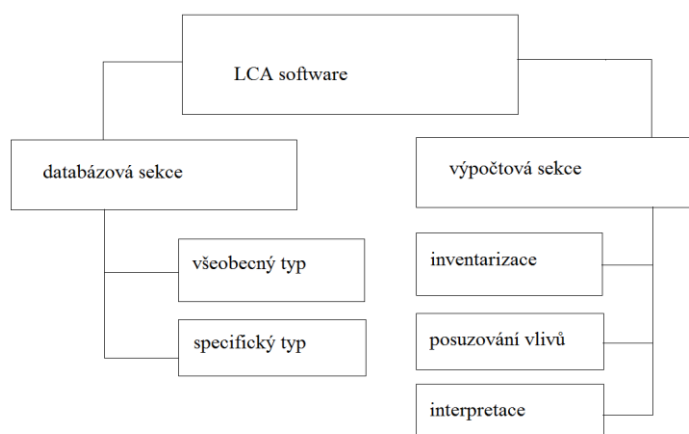
3.3.1 Struktura LCA software

Všeobecná struktura LCA software je znázorněna na obrázku 10. Úlohou databázové sekce softwaru je popis základních procesů a jejich emisí – všeobecný typ databáze, podrobné informace o chemických a fyzikálních vlastnostech materiálů či meziproduktů, nebo produktů – specifický typ databáze. Hlavním úkolem databázové sekce je poskytnout uživateli kvalitní data spolu se zdroji a o jejich spolehlivosti. Pro dosažení interaktivity LCA studie by měla být databázová sekce umožnit uživatelům vkládat a aktualizovat nové

informace a data (18). Výpočtová sekce software obsahuje tři základní kroky – inventarizaci, posuzování vlivů a interpretaci, kdy princip těchto výpočtových metod vychází z metody LCA a je popsán v kapitole 3.1.

3.3.2 SimaPro 7.1

Pro účel této disertační práce byl zvolen software SimaPro 7.1, jako nejnovější verze softwarového produktu holandské společnosti Product ecology consultants. V současnosti se jedná o jeden z nejpoužívanějších profesionálních nástrojů pro zapsání dat, jejich analýzu a získání environmentálních dopadů daného produktu či služby a jejich interpretaci. Díky snadnému modelování tak lze získat komplexní LCA studii, která je přehledná, systematická a v rámci naplnění principů metody LCA se drží standardů ISO 14 040 (40). Zároveň software SimaPro obsahuje rozsáhlou databázi procesů a produktů, jež jsou využitelné pro LCI analýzu sestavované LCA studie (elektrická energie, těžba černého uhlí, atd.), a pracuje s velkým množstvím metod posuzující environmentální dopady (viz kapitola 3.1). Více o softwarovém nástroji SimaPro pojednává literatura (26), (41).



Obrázek 10: Všeobecná struktura LCA software. (18)

4 Biomasa a její spalování

Jelikož cílem této práce je sestavení LCA a problematika biomasy a jejího spalování je velmi obsáhlá, slouží tato kapitola jen k jejímu nastínění. Seznamuje s biomasou a hlavními způsoby energetického využití, technologiemi pro zpracování biomasy na paliva a principy spalování biomasy.

4.1 Biomasa

Biomasa je v legislativě ČR definována jako biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků z provozování zemědělství a hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětví, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a rovněž biologicky rozložitelná část vytríděného průmyslového a komunálního odpadu (6).

4.1.1 Bioodpady

Jelikož jsou za biomasu považovány, dle výše uvedené definice, i biologicky rozložitelné odpady (bioodpady), je využívání biomasy legislativně ohraničeno nejen z ohledu energetiky, zemědělství ale i odpadového hospodářství. Týkají se jí tedy i zákony s odpadovým hospodářstvím související. Jelikož využívání biomasy je palčivou otázkou současné společnosti, došlo za poslední roky i k rozšíření legislativního rámce využívání bioodpadů. K dikci zákona 185/2001 Sb. (zákon o odpadech) (42) a s ním souvisejících prováděcích vyhlášek, přibyla v roce 2008 prováděcí vyhláška 341/2008 Sb. (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady), která upravuje podrobnosti nakládání s bioodpady. Ta v příloze č. 1, dle katalogu odpadů (43), definuje kategorie odpadů, které jsou považovány za bioodpady.

Se vznikem bioodpadů a jejich využíváním souvisí i získávání druhotných surovin, jelikož většinu bioodpadů je možné různými technologiemi dále zpracovat tak, aby bylo z bioodpadů vyrobeno palivo pro přímé spalování, zplyňování, anaerobní digesce, výrobu kapalných biopaliv. Pro účely této práce je vhodné soustředit se zejména na bioodpady z dřevní hmoty, zařazené dle (44) jako Odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství a výroby, a zpracování potravin, zejména těch uvedených pod číslem 02 01 07 Odpady z lesnictví, jelikož dřevní štěrka spalovaná v obecní výtopně v Hostětíně

(kapitola 6) je vyráběna právě z těchto bioodpadů. Postupy pro zpracování druhů bioodpadů jsou popsány např. v (45).

4.1.2 Energetické plodiny

Tímto výrazem se označují rostliny, které se pěstují především pro energetické účely, proto je cílem pěstování energetických plodin produkce biomasy pro přímé spalování, zplyňování, metanové kvašení, výrobu kapalných biopaliv a další metody energetického a případně i průmyslového využití. Energetické plodiny jsou obvykle děleny na rostliny bylinného a dřevinného charakteru (většinou rychlerostoucí dřeviny) (46):

- **energetické byliny** jsou jednoleté či víceleté rostliny pěstované na orných půdách (obvykle s využitím standardní zemědělské techniky). Přehled a stručná charakteristika rostlinných druhů, které lze využívat pro energii, je uvedena v (47);
- **rychlerostoucí dřeviny (RRD)** se řadí např. některé topoly, vrby, javory, akáty. Doba obmýetí ¹⁷se pohybuje mezi 3 až 10 lety. RRD mohou být rovněž pěstovány pro produkci celulózy pro celulózo-papírenský průmysl či jiné průmyslové účely (48). Dřeviny pro produkční plantáže můžeme v současném stavu jejich poznání a využití v ČR rozdělit na následující skupiny:
 - v ČR ověřené: topoly, vrby;
 - v ČR ověřované: pajasan, jilmy;
 - v ČR perspektivní: růže zejm. trnité, olše, lípy, lísky, jeřáby (49).

V současné době tedy připadají pro plantáže v úvahu z hlediska produkce biomasy pouze vybrané druhy topolů a vrb (49). Seznam pro zakládání porostů RRD s finanční podporou státu dle (50) je každoročně zpřesňován metodickými pokyny MŽP a ministerstvem zemědělství.

4.2 Možnosti využití biomasy k energetickým účelům

Využití biomasy pro energetické účely lze rozdělit následovně:

¹⁷ Doba stáří RRD, kdy je možno je sklízet pro účel energetického využití a vysazovat nové.

- výroba tepla přímým spalováním v topeništích (dřevo, sláma, atd.);
- zpracování/zušlechťování na kvalitnější paliva (pelety, brikety, bioplyn, ethanol, bionafta, atd);
- výroba elektřiny.

Biomasa může být před konečným využitím zpracovávána různými technologickými procesy (45), (51):

4.2.1 Mechanické a chemické procesy

- řezání (těžba a zpracování dřeva na řezivo a palivo). Odpadem jsou piliny, které slouží k výrobě dřevních pelet a briket;
- drcení - používá se například jako předstupeň při výrobě pelet a briket;
- štěpkování - pro následné použití k výrobě tepla, případně i elektrické energie;
- lisování pelet nebo briket - pro následné použití k výrobě tepla, případně i elektrické energie;
- lisování oleje - pomineme-li potravinářství, je olej následně esterifikován na metylester (MEŘO - metylester řepkového oleje, známý jako bionafta).

4.2.2 Suché procesy

Tyto procesy jsou termochemickou přeměnou biomasy:

- spalování (kapitola 4.3) - výroba tepla s následnou možností výroby elektřiny, v současnosti nejrozšířenější způsob využití biomasy, v některých zařízeních může být biomasa spoluspalována s fosilními palivy;
- pyrolýza - výroba generátorového plynu, obvykle pro následné použití ve spalovacích motorech buď k pohonu vozidel, nebo k výrobě elektřiny a tepla;
- zplyňování - produktem je kapalina podobná ropě, která je následně i podobným způsobem zpracovávána.

4.2.3 Mokré procesy

Tyto procesy jsou biochemickou přeměnou biomasy, způsobenou působením mikroorganismů:

- alkoholové kvašení - výroba metanolu, etanolu, ale i izobutanolu pro další použití, kromě spalování a přimíchávání do benzínu se uvažuje i o využití v palivových článcích;
- metanové kvašení - výroba bioplynu s následnou možností úpravy na biometan, možnosti použití biometanu jsou shodné se zemním plynem;
- kompostování - využívá se přímo teplo produkované mikroorganismy.

Jelikož předmětem této práce je spalování dřevní štěpky, v následujících podkapitolách se zabývá procesem spalování a vlastnostmi vhodných paliv, atd.

4.3 Spalování

Spalování je soubor složitých fyzikálních a chemických dějů, které se navzájem ovlivňují, navazují na sebe či se prolínají a vedou k transformaci a využívání chemické energie obsažené v palivu. Chemické děje jsou zastoupeny nejrůznějšími chemickými reakcemi, z nichž naprosto dominantní je oxidační reakce, v menší míře reakce redukční. Fyzikální děje představují přenosové děje, do kterých patří přenos hmoty, hybnosti a tepla. Proces spalování se dá rozdělit na několik procesů, z nichž nejpodstatnější je proces zvaný hoření¹⁸ (52).

4.3.1 Spalovací zařízení

V současné době se na trhu objevuje množství technologických zařízení umožňujících spalování biomasy. Konstrukční řešení pro spalování biomasy se dají rozdělit dle typu pevného paliva (štěpka, brikety, pelety, balíky slámy apod.), přívodu paliva a dle principu na:

- spalování na roštu;
- spalování se spodním přívodem paliva;
- spalování ve fluidní vrstvě;

¹⁸ Hoření je fyzikálně-chemická exotermická reakce, při které se látka, zahřátá na svoji zápalnou teplotu, slučuje s kyslíkem za silného vývoje tepla, světla a zplodin hoření.

- speciální hořáky a hořákové provedení¹⁹ (53).

Podle způsobů, jakým je teplo ze spalování předáváno, dělíme spalovací zařízení na:

- přímotopná spalovací zařízení;
- kotlová spalovací zařízení.

Jelikož cílem této práce není podrobné seznámení se s jednotlivými spalovacími zařízeními a tato kapitola slouží k objasnění principu a základních poznatků spalovacího procesů, je dále uvedena jen základní charakteristika spalovacích zařízení. Podrobnější popisy těchto zařízení uvádí hojně nepřehledné množství domácích i zahraničních publikací, zabývajících se energetikou a biomasou.

Přímotopná spalovací zařízení jsou tzv. lokální topeniště (kamna, krby), která teplem uvolněným ze spalování ohřívají sálavým teplem vzduch v místnosti. Tato zařízení jsou povětšinou obsluhována manuálně.

Kotlová spalovací zařízení předávají teplo uvolněné spalováním a obsažené ve spalínách tzv. pracovnímu mediu (olej, voda). Toto pracovní medium je pak, v závislosti na velikosti vytápěného objektu (soustavy), rozváděno dále. Kotlových zařízení se využívá jak pro vytápění či zásobování samostatných objektů, tak i pro centrální zásobování tepla větších lokalit (vesnice, obce, průmyslový podnik, atd.) Pro centrální zásobování jsou již používány kotle s plně automatickým provozem.

Jelikož spalovací zařízení slouží k transformaci chemicky vázané energie paliv na tepelnou energii media (vzduch, voda, olej, vodní pára), je nejvýznamnějším technicko-energetickým parametrem účinnost transformace této energie.

4.3.2 Tepelné ztráty a účinnost spalovacích zařízení

Obvykle se při spalování tuhých paliv uvažuje pět základních ztrát:

- ztráta mechanickým nedopalem (množství popela);

¹⁹ Podrobně řeší např. literatura (45), (48), (53).

- ztráta chemickým nedopalem;
- ztráta sáláním a vedením tepla do okolí;
- ztráta fyzickým teplem tuhých zbytků;
- ztráta citelným teplem spalín (54).

Rovnice 2²⁰

$$\eta_k = 1 - Z_c - Z_{co} - Z_{sv} - Z_f - Z_k \quad (-)$$

Pro případ studie LCA, kdy nejsou známy všechna data potřebná k výpočtu jednotlivých ztrát, se bude vycházet z dat dostupných a bude určena účinnost propočtená jako závislost vyrobeného tepla na množství spotřebovaného paliva.

Rovnice 3²¹

$$\eta = \frac{Q_v}{Q_{spal}} \quad (-)$$

4.3.3 Výpočtové množství spáleného paliva

Rovnice 4²²

$$m_{pv} = m_{pal} \cdot (1 - Z_c) \quad (54) \quad (\text{kg})$$

²⁰ η_k – účinnost kotle, Z_c – ztráta mechanickým nedopalem, Z_{co} – ztráta chemickým nedopalem, Z_{sv} – ztráta sáláním a vedením tepla do okolí, Z_f – ztráta fyzickým teplem tuhých zbytků, Z_k – ztráta citelným teplem spalín

²¹ η – účinnost přepočtená z ohledem na neznalost ztrát, Q_{spal} – vyrobené teplo spálením (J), Q_v – výhřevnost paliva (J/kg)

²² m_{pv} – množství spáleného paliva (kg), m_{pal} – množství dodaného paliva (kg)

4.4 Vlastnosti paliv ovlivňující spalování

Při spalování biomasy hraje významnou roli hned několik fyzikálních a chemických vlastností, které ovlivňují průběh spalovacího procesu. Těmito fyzikálními a chemickými vlastnostmi jsou:

- obsah vody – vlhkost biomasy;
- spalné teplo;
- výhřevnost;
- obsah popela;
- elementární složení hořlaviny paliva;
- objemová měrná hmotnost.

4.4.1 Obsah vody – vlhkost biomasy

Obsah vody v biomase je poměrně vysoký a značně proměnný, což ovlivňuje spalovací proces zejména v první fázi hoření, kdy je třeba značného množství vyrobeného tepla spotřebováno pro její odpaření, čímž dochází ke snížení výhřevnosti paliva a snížení účinnosti spalovacího zařízení, nebo dochází ke zvýšení množství spalin a ke komínové ztrátě. Je tedy zcela zřejmé, že pro dosažení co největší výhřevnosti a účinnosti je vhodné spalovat biomasu s nízkým obsahem vody, tedy takovou, která je již proschlá.

Nejen z energetického, ale i ekonomického hlediska hraje obsah vody v biomase důležitou roli. Při vyjádření na objemové jednotky paliva (m^3) tak se stoupajícím obsahem vody v biomase klesá množství sušiny. Mnohdy se tak stává, že pro spotřebitele tak vznikají větší náklady hned na několika úrovních – doprava, manipulace, spotřeba paliva pro dosažení požadované účinnosti, atd.

Z výše uvedených skutečností je proto velmi vhodné uvádět některé údaje, např. výhřevnost, vztažené na sušinu a přepočítat je v případě potřeby na skutečný, vlhký stav.

Rovnice 5²³

$$Q_i^r = Q_i^d \cdot (1 - w) \quad (\text{MJ.kg}^{-1})$$

Rovnice 6²⁴

$$m_v = \frac{m_s}{(1 - w)} \quad (\text{kg})$$

Rovnice 7

$$\rho_v = \frac{\rho_s}{(1 - w)} \quad (\text{kg.m}^{-3})$$

Tento vztah výpočtu výhřevnosti však neplatí, pokud vztahujeme výhřevnost k objemovým jednotkám paliva (u dřevní štěpky). Tato je pak závislost výhřevnosti na vlhkosti paliva nelineární a dá se charakterizovat dle obrázku 11 (45).

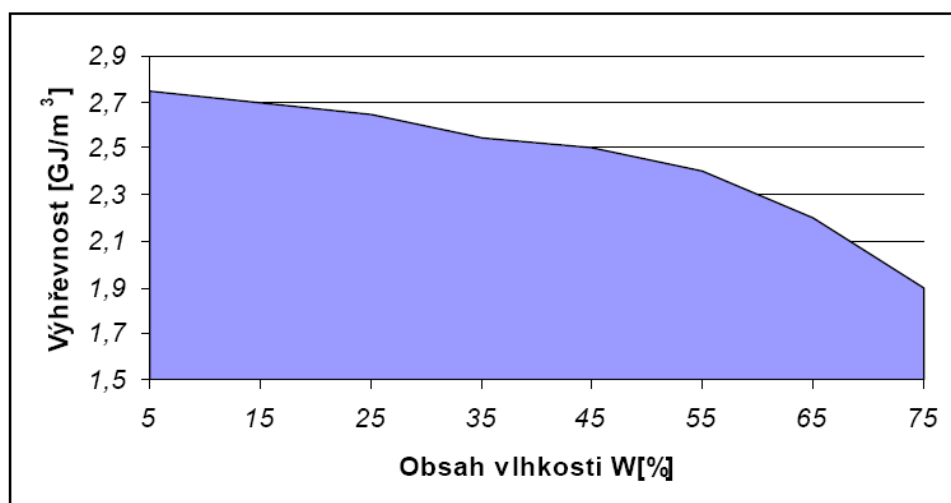
V energetice platí pro vyjádření obsahu vody v palivu vztah

Rovnice 8

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 = \frac{\Delta w}{m_1} \cdot 100 \quad (\%)$$

²³ Q_i^r - výhřevnost ve stavu při spalování (surový stav) (MJ.kg^{-1}), Q_i^d - výhřevnost ve stavu při spalování (sušina) (MJ.kg^{-1}), w - poměrný obsah vody ve vlhké hmotě, m_v , m_s - hmotnost vlhké a suché hmoty (kg), ρ_v , ρ_s - měrná hmotnost vlhké a suché hmoty (kg.m^{-3}), w - vlhkost (%).

²⁴ m_1 - hmotnost před vysušením (kg), m_2 - hmotnost o vysušení (kg)



Obrázek 11: Závislost vlhkosti štěpky na výhřevnosti paliva (45)

Obsah vody se v palivu tuhé biomasy stanovuje jako celková voda dle ČSN P CEN/TS 14774-1 až 3 nebo DIN 51 718. Prakticky se jedná o řízené vysušení vzorku při 105 °C a zjištění úbytku vážením (55).

4.4.2 Spalné teplo a výhřevnost

Spalné teplo a výhřevnost jsou dvěma z nejdůležitějších fyzikálních vlastností biomasy z pohledu jejího energetického využití.

Spalné teplo je množství energie, kterou lze získat dokonalým spálením určitého množství paliva za přítomnosti vzduchu při konstantním tlaku. Všechny spaliny vzniklé spalováním jsou ochlazeny na výchozí teplotu složek, které se účastnily spalování, vyjma vody. Tato voda je ve stavu kapalném o teplotě rovné teplotě výchozí (56).

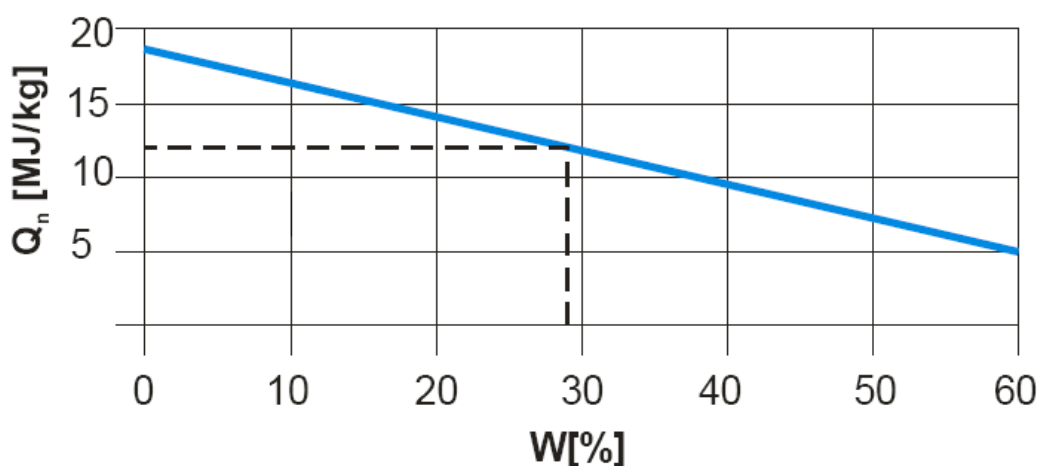
Výhřevnost je teplo vydané palivem po odečtení množství tepla spotřebovaného na odpaření vody, která odchází ve spalinách. Výhřevnost se vypočte ze spalného tepla odečtením výparného tepla, určuje jí vztah

Rovnice 1²⁵

$$Q_n = Q_i - 2,453.(w + 8,94 H_2) \quad (45) \quad (\text{MJ.kg}^{-1})$$

Výhřevnost paliva je tedy závislá na obsahu vody v tomto palivu (obrázek 12), zároveň se výhřevnost snižuje i působením mikroorganismů, hub a plísní. Odborná literatura uvádí výhřevnost zdravého a suchého dřeva okolo 18 – 19 MJ.kg⁻¹ v závislosti, na tom, zda jde o dřevo z listnatých či jehličnatých stromů. Docílit úplně suchého paliva s 0 % vody není však možné a tak v biomase vždy nějaká voda zůstává vázaná. V průměru mají dřevo i štěpka sušené pod střechou okolo 30 % obsahu vody (viz laboratorní stanovení v kapitole 6)

Stanovení spalného tepla i výhřevnosti tuhých paliv z biomasy se provádí dle normy ČSN P CEN/TS 14918 a DIN 51 900 část 1-3 (55).



Obrázek 12: Teoretická závislost výhřevnosti biomasy na obsahu vody. (45)

²⁵ Q_n – spalné teplo (MJ.kg⁻¹), Q_i – výhřevnost (MJ.kg⁻¹), w – vlhkost paliva (kg/kg), H_2 – obsah vodíku v palivu (kg/kg).

4.4.3 Obsah popela

Obsah popela vyjadřuje nespalitelný podíl biomasy, který je, oproti jiným palivům, velmi nízký. Obsah popela paliv z biomasy je různý pro různé druhy rostlin. Podle charakteru obsahu popela lze usuzovat na vznik nánosů ve spalovacím prostoru a na charakter popelovin. Dále lze v popelu stanovit obsah prvků. Znalost výskytu a množství těžkých kovů a dalších prvků je důležitá hlavně z hlediska ochrany životního prostředí. Pro stanovení obsahu popela se u tuhého paliva z biomasy používá norma ČSN P CEN/TS 14775 a DIN 51 790, jejíž podstatou je spálení vzorku a jeho vyžihání do konstantní hmotnosti (55).

4.4.4 Elementární složení hořlaviny²⁶ paliva

Základními prvky hořlaviny jsou C, H, S, O, N²⁷. Pro vznik znečišťujících látek, které jsou emitovány při spalování biomasy, hraje důležitou roli i stanovení dalších prvků, jako např. Cl, P, K, Ca, atd. Chemické složení hořlaviny dřevní hmoty znázorňuje (tabulka 3)

Stanovení prchavé hořlaviny se provádí podle ČSN P CEN/TS 15148, stanovení dusíku, uhlíku a vodíku se provádí instrumentálními metodami podle ČSN P CEN/TS 15104, kovů a těžkých kovů se provádí podle ČSN P CEN/TS 15290, stanovení celkové síry a chlóru podle ČSN P CEN/TS 15289 (55).

Tabulka 3: Chemické složení hořlaviny dřevní hmoty. (45)

složka (%)	dřevo			kůra	hnědé uhlí
	jehličnaté	listnaté	smíšené		
uhlík	51,0	50,0	50,5	51,4	69,5
vodík	6,2	6,15	6,2	6,1	5,5
kyslík	42,2	43,25	42,7	42,2	23,0

²⁶ Je vyjadřována jako sumární vzorce všech spalitelných látek paliva, dělí se na tuhý a prchavý podíl paliva. Prchavý podíl se také nazývá prchavou hořlavinou.

²⁷ Vyjádřené v [%].

složka (%)	dřevo			kůra	hnědé uhlí
	jehličnaté	listnaté	smíšené		
síra	-	-	-	-	1,0
dusík	0,6	0,6	0,6	0,3	1,0
popel v palivu	1,0	1,0	1,0	2,3	25

4.4.5 Objemová měrná hmotnost

Objemová měrná hmotnost paliva z biomasy se vyjadřuje hmotností paliva vztaženou na prostor, který palivo zabírá ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$). Hraje důležitou roli v dopravě a skladování. Vyjadřuje se v objemových jednotkách, které jsou uvedeny v tabulce 4 a jejich vzájemné propočty v tabulce 5 a tabulka 6 uvádí souvislost mezi obsahem vody, výhřevností a objemovou měrnou hmotností blíže nespecifikované dřevní štěpky.

Stanovení sypané hmotnosti se provádí dle ČSN P CEN/TS 15103 nasypáním paliva do normované nádoby a zvážením (55).

Tabulka 4: Objemové jednotky (45)

jednotka	název	význam
plm	plnometr = m^3	Krychle o hraně 1 m vyplněná dřevem bez mezer, tedy 1 m^3 skutečné dřevní hmoty („bez mezer“)
prm	prostorový metr = m^3 prostorového objemu	Krychle o hraně 1 m vyplněná částečně dřevem s mezerami, čili 1 m^3 složeného štípaného nebo neštípaného dřeva („s dírami“)
prms	prostorový metr sypaný	1 m^3 volně loženého sypaného (nezhutněného) drobného nebo drceného dřeva

Tabulka 5: Vzájemné přepočty mezi jednotkami dřevní hmoty (45)

jednotky	plm	prm	prms
plm	1	1,43 – 1,54	2,43 – 2,86
prm	0,65 – 0,7	1	1,61 – 1,86
prms	0,35 – 0,41	0,54 – 0,62	1

Tabulka 6: Závislost obsahu vody, výhřevnosti a objemové měřené hmotnosti nespecifikované dřevní štěpky. (57)

obsah vody	výhřevnost (MJ.kg ⁻¹)	objemová měrná hmotnost (kg.m ⁻³)
10	16,40	170
20	14,28	190
30	12,18	210
40	10,10	225

4.5 Bobtnání a sesychání

Bobtnáním nazýváme schopnost dřeva zvětšovat svoje lineární rozměry, plochu, nebo objem při přijímání vody vázané v rozsahu vlhkosti 0% - maximální vlhkost (MH). Bobtnání vyjadřujeme podílem změny rozměru k původní hodnotě a uvádí se nejčastěji v %

Rovnice 10²⁸

$$\alpha_i = \frac{\alpha_{iw2} - \alpha_{iw1}}{\alpha_{iw1}} \cdot 100 = \frac{d\alpha_{iw}}{\alpha_{iw1}} \cdot 100 \quad (\%)$$

Koeficient bobtnání vyjadřuje procentuální změnu rozměrů při změně vlhkosti o 1%

Rovnice 11²⁹

$$K_{\alpha_i} = \frac{\alpha_i}{w_2 - w_1} = \frac{\alpha_i}{dw} \quad (-)$$

²⁸ α_i – bobtnání (%), α_{iw1} , α_{iw2} – bobtnání pro danou vlhkost dřeva (%), $d\alpha_{iw}$ – změna vlhkosti dřeva (%)

²⁹ K_{α_i} – koeficient bobtnání (-), w_2 , w_1 – vlhkost (%), dw – změna vlhkosti (%)

Rovnice 12

$$K_{\alpha_i} = \frac{\alpha_i}{MH} (-)$$

Výpočet a použití koeficientu bobtnání předpokládá, že změny rozměrů těles pod mez hygroscopicity jsou lineárně úměrné změnám vlhkosti. Tento předpoklad není zcela přesný, ale jeho použití v praxi je dostačující.

Na základě hodnot koeficientu objemového sesychání můžeme rozdělit dřeva do následujících skupin:

- dřeva málo sesychavá ($K_\beta < 0,4$) - tis, olše, vrba, topol, kaštanovník, limba akát;
- dřeva středně sesychavá ($K_\beta 0,4-0,47$) - borovice, smrk, jedle, dub, jilm, jasan, javor, ořešák, osika;
- dřeva hodně sesychavá ($K_\beta > 0,47$) - modřín, bříza, buk, habr, lípa (58).

Tabulka 7 uvádí koeficienty sesychání resp. bobtnání některých druhů dřeva.

Tabulka 7: Koeficient sesychání a bobtnání některých druhů dřev (58)

druh dřeva			modřín	borovice	smrk	bříza	buk	jasan	dub	osika
koeficient sesychání a bobtnání	objemového	K_β	0,52	0,44	0,43	0,54	0,47	0,45	0,43	0,41
		K_α	0,61	0,54	0,50	0,64	0,55	0,52	0,50	0,47

Sesycháním β nazýváme proces, při kterém se zmenšují lineární rozměry, plocha nebo objem tělesa v důsledku ztráty vody vázané. Podobně jako bobtnání můžeme sesychání vyjádřit vztahem

Rovnice 13³⁰

$$\beta_i = \frac{\beta_{iw2} - \beta_{iw1}}{\beta_{iw1}} \cdot 100 = \frac{d\beta_{iw}}{\beta_{iw1}} \cdot 100 \quad (\%)$$

Sesýchání se řídí podobnými zákonitostmi jako bobtnání a rozeznáváme stejně definované další charakteristiky - koeficient sesýchání K_{β_i}

Rovnice 14³¹

$$K_{\beta_i} = \frac{\beta_i}{w_2 - w_1} = \frac{\beta_i}{dw} \quad (-)$$

Rovnice 15

$$K_{\beta_i} = \frac{\beta_i}{MH} \quad (-)$$

Hodnoty sesýchání a bobtnání lze navzájem přepočítat podle následujících vztahů

Rovnice 16

$$\alpha_i = \frac{100\beta_i}{100 - \beta_i} \quad (\%)$$

³⁰ β_i – sesýchání (%), β_{iw1} , β_{iw2} – sesýchání pro danou vlhkost dřeva (%), $d\beta_{iw}$ – změna vlhkosti dřeva (%)

³¹ K_{β_i} – koeficient sesýchání (-), w_2 , w_1 – vlhkost (%), dw – změna vlhkosti (%)

Rovnice 17

$$\beta_i = \frac{100\alpha_i}{100 + \alpha_i} (\%)$$

4.6 Výpočet množství emisí

4.6.1 Stechiometrické výpočty (54)

Cílem stochiometrických výpočtů je zjištění objemu vzduchu potřebného pro spálení jednotkového množství paliva a objemu spalín, které při spalování vznikají. Jsou to tedy výpočty objemové. Vychází se při tom z reakčních rovnic, kterým se říká stochiometrické spalovací rovnice a bilance látkových množství.

Z hlediska spalování rozlišujeme dva základní modely:

- model dokonalého spalování;
- model nedokonalého spalování.

Oba tyto modely nejdou do podstaty průběhu spalování, bilancují pouze jeho stav. Model dokonalého spalování předpokládá dokonalé spálení veškeré hořlaviny obsažené v palivu (teoretický případ). Model nedokonalého spalování připouští pouze částečné vyhoření paliva a vznik nedopalu:

- mechanického - ve formě nespáleného tuhého uhlíku;
- chemického – ve formě nedokonalého spalování uhlíku na CO.

Oba nedopaly jsou pak zohledněny příslušnými ztrátami kotle:

- ztrátou mechanickým nedopalem;
- ztrátou chemickým nedopalem.

Přestože se druhý model více blíží reálným podmínkám při spalování, v převážné většině technických aplikací je dostačující pracovat s jednodušším modelem dokonalého spalování, jelikož konečný rozdíl ve výsledcích stochiometrických výpočtu je zanedbatelný.

Při stechiometrickém výpočtu se vychází ze složení paliva v hmotnostních podílech pro původní stav a obvykle se vyjadřují v Nm³ (normální metr krychlový za teploty 0 °C a tlaku 101,325 kPa). Při tom se předpokládá, že kyslík vázaný v hořlavině paliva se při spalování uvolní do hoření, takže o toto množství je možné snížit přívod vzdušného kyslíku.

Rovnice pro stechiometrické výpočty, ze kterých se bude vycházet pro výpočet emisí, jsou součástí přílohy 4.

4.6.2 Přepočet koncentrací na vztažné podmínky (59)

Podle stavu plynu lze koncentraci znečišťující látky obecně vyjádřit dle následujících rovnic. Pro jednotlivé přepočty z bilanční rovnice pro hmotnostní tok emise znečišťující látky, platí tyto vztahy

Rovnice 182³²

$$c_N = c \cdot \frac{\rho_N}{\rho} = c \cdot \frac{p_N}{p} \cdot \frac{T}{T_N} \quad (\text{mg.m}^{-3})$$

Rovnice 19³³

$$c_{s,N} = c_N \cdot \frac{100}{100 - \omega_{H_2O}} \quad (\text{mg.m}^{-3})$$

Rovnice 20³⁴

$$c_{s,N}^R = c_{s,N} \cdot \frac{21 - \omega_{O_2}^R}{21 - \omega_{O_2}} \quad (\text{mg.m}^{-3})$$

³² c_N - koncentrace ve vlhkém plynu za normálních podmínek (mg.m⁻³), c - koncentrace za skutečného stavu plynu (mg.m⁻³), ρ - hustota spalin daného plynu (mg.m⁻³), ρ_N -hustota daného plynu za normálních podmínek (mg.m⁻³), p - tlak (Pa), p_N -tlak za normálních podmínek (Pa), T - teplota spalin daného plynu (K), teplota za normálních podmínek (K)

³³ $c_{s,N}$ - koncentrace v suchém plynu za normálních podmínek (mg.m⁻³), ω_{H_2O} - objemový podíl vodní páry v plynu (%)

³⁴ $c_{s,N}^R$ - koncentrace v suchém plynu za normálních podmínek (mg.kg⁻¹), přepočtená na referenční obsah kyslíku, $\omega_{O_2}^R$ - referenční obsah O₂ v plynu (%), ω_{O_2} - skutečný obsah O₂ v plynu (%)

Rovnice 21

$$c_{s,N}^R = c \cdot \frac{p_N}{p} \cdot \frac{T}{T_N} \cdot \frac{100}{100 - \omega_{H_2O}} \cdot \frac{21 - \omega_{O_2}^R}{21 - \omega_{O_2}}$$

K vyjádření koncentrace, $C_{s,NR}$ kterou již můžeme porovnat s emisním limitem, postačí pouze znalost hodnot skutečného obsahu O_2 v plynu a referenčního obsahu O_2 v plynu, pro biomasu 11%.

4.6.3 Výsledné množství emisí

Výsledné množství emisí daného plynu se pak vypočítá dle

Rovnice 22³⁵

$$m_i = c_{i,s,N}^R \cdot O_i$$

³⁵ m_i -množství emisí daného plynu ($mg \cdot kg^{-1}$), O_i -objem daného plynu ($kg \cdot m^{-3}$)

5 Navržení metodiky použití LCA hodnocení environmentálních dopadů spalování biomasy pro získávání tepla konkrétního produktového systému

Tato kapitola popisuje v podkapitolách postupy, jež je třeba, v souladu s normou ČSN EN ISO 14040, dodržet při hodnocení LCA spalování biomasy pro získávání tepla konkrétního produktového systému. Uvedený postup je již přímo vztažen na štěpku, platí však pro všechna paliva z biomasy, která jsou pro výrobu tepla spalována, liší se jen v popisech procesů, při kterých je palivo získáváno či vyrobeno.

5.1 Fáze stanovení cílů a rozsahu studie

Cílem a rozsahem studie je sestavení LCA výroby tepla ze spalování biomasy.

Pro dosažení tohoto cíle je potřeba učinit tyto kroky:

- popsat popisovaný produktový systém, jeho referenční tok a hranice produktového systému;
- zajistit porovnání výsledku s jinými LCA studiemi výroby tepla, vztažené ke stejné funkční jednotce;
- zhodnotit LCA výroby tepla ze spalování biomasy;
- zajistit interpretaci a podávání práv zainteresovaným stranám (např. publikační činností).

5.2 Hranice produktového systému

Obecně se životní cyklus spalování štěpky skládá z těchto procesů:

- získávání dřeva pro štěpkování³⁶;
- štěpkování;

³⁶Získáváním dřeva je myšleno jak získávání štěpky z bioodpadu, tak cílené pěstování RRD se všemi souvisejícími procesy

- veškerá doprava a provoz lesní a automobilové techniky potřebné k výrobě a dopravě štěpky do obecní výtopny;
- skladování a manipulace s dřevní štěpkou;
- spalování štěpky;
- vznik tepelné energie připravené k dodávce odběrateli;
- vznik emisí a likvidace popele a popílku.

Pro nastavení hranic spalování tedy hraje důležitou roli původ a vlastnosti paliva z biomasy. Z tohoto pohledu je pak pro proces získávání důležité, zda je palivo získáno z bioodpadu nebo z energetických plodin. U paliva získaného z bioodpadu je mnohdy velmi těžké, zvláště z pohledu složení, obsáhnout veškeré procesy, kterým byl podroben v rámci výroby jiného produktu. Nastavení hranic je proto obtížné. Proto stejně, jako u získávání surovin je vhodné nastavit hranice do „bodu nula“, tedy do okamžiku, kdy se v rámci jistého procesu stává z biomasy bioodpad.

Pro nastavení hranic v případě spalování paliva z bioodpadu doporučuji vycházet ze vzniku bioodpadu.

Pro nastavení hranic v případě spalování paliv paliva z energetických plodin doporučuji vycházet z bodu setí či výsadby těchto plodin. (60), (61), (62)

5.3 Návrh a popis jednotlivých kroků potřebných pro naplnění studie v souladu s normou ČSN EN ISO 14040

5.3.1 Funkce produktového systému

Funkcí produktového systému **výroba tepla spalováním štěpky.**

5.3.2 Funkční jednotka

Funkční jednotka je **1 GJ vyrobeného tepla.**

V rámci studie je vhodné veškeré vstupy a výstupy vyjadřovat v jednotkách SI soustavy a energeticky využitelné hmoty vyjadřovat ve formě s nimi svázané energie.

5.3.3 Požadavky na množství a kvalitu dat

Definování požadavků na množství a kvalitu dat vychází z těchto základních podmínek (63):

1. použít pro LCA data získaná přímo v rámci všech procesů konkrétního produktového systému tzv. „na místě“ (z měření a evidence vedené pro jednotkové procesy) a laboratorních měření (vlastnosti štěpky);
2. tam, kde nebude možné získat data měřením či evidencí, je třeba použít technickou a provozní dokumentaci;
3. pokud vyvstane potřeba dat, která není možno získat způsoby uvedenými v 1. a 2., opřít se o dostupné databáze a data vědeckých studií, publikací a legislativy.

5.3.4 Fáze LCI

Shromáždění dat a jejich zpracování za využití softwarového nástroje SimaPro 7.1 (viz kapitola 3.3.2).

Do procesů jsou ,v souladu s názvem disertační práce, započítány základní energetické toky, vstupy potřebné pro údržbu techniky a hluk způsobený provozem techniky budou v rámci studie vynechány.

5.3.5 Fáze LCIA

Probíhá metodami Eco-indicator 99 a GPW 100, popsány v kapitolách 3.2.1 a 3.2.2 a za použití výsledků z fáze LCI za využití softwarového nástroje SimaPro 7.1.

5.3.6 Interpretace výsledků

Je výstupem fáze LCIA, v podobě komentářů a hodnocení poznatků této fáze. Celkové zhodnocení studie bude je vědecké diskuse a závěru. Později mohou být závěr této práce uveřejněny jako publikace v odborných časopisech zabývajících se problematikou LCA, biomasy a energetiky.

6 Vlastnosti štěrky, vyrobené z bioodpadu, spalované v obecní výtopně Hostětín

Pro to, aby byly vlastnosti štěrky, vyrobené z bioodpadu, spalované v obecní výtopně v Hostětíně co nejpřesnější, proběhlo dvoufázové vzorkování štěrky skladované ve skladu obecní výtopny nebo venku pod plachtou. V první fázi, trvající v období 25. 11. 2008 – 12. 1. 2009, byly odebrány denní smesné vzorky štěrky, a to přímo ze šnekového dopravníku, před tím, než byla štěrka spálena v kotli. U těchto vzorků byla stanovena vlhkost a spalitelné látky. Ve druhé fázi vzorkování, v době 13. 1. 2009 – 27. 2. 2009, pak byly stanoveny u stejně odebíraných vzorků, následující vlastnosti: vlhkost, spalitelné látky, objemová měrná hmotnost, zastoupení podílu listnatých a jehličnatých dřevin u jednotlivých vzorků a jejich vodní kapacita, a u desíti vybraných vzorků, v závislosti na zastoupení podílu listnatých dřevin byla stanovena výhřevnost a spalitelné teplo vlhkého vzorku, suchého vzorku a spalitelného podílu spolu s procentuálním zastoupením elementárních prvků (C, O, H, N, S). Veškeré výsledky byly stanoveny v laboratořích VŠB – TUO, dle příslušných norem (kapitola 4.4).

6.1 Obsah vody – vlhkost

V první fázi vzorkování, 25. 11. 2008 – 12. 1. 2009, byla u 44 vzorků stanovena vlhkost pro jednotlivé vzorky (graf 1) a následně stanovena i průměrná vlhkost. V druhé fázi vzorkování, 13. 1. 2009 – 27. 2. 2009, byla u dalších 44 vzorků stanovena vlhkost pro jednotlivé vzorky (graf 2) a následně stanovena i průměrná vlhkost. Vzorkovaná štěrka byla do skladu navážena postupně v období roku 2008, je tedy možné, že skoro veškerá štěrka byla již dostatečně proschlá. Je však nutno podotknout, že od 27. 11. 2008 – 18. 2. 2009 bylo do skladu navezeno 242 prms čerstvé štěrky.

Jak je možné vidět na grafu 1, rozmezí vlhkosti se u vzorků štěrky odebrané v době 25. 11. 2008 – 12. 1. 2009 pohybovalo od 20,44% u vzorku č. D1 ze dne 25. 11. 2008 až po 63,25% u vzorku D7 ze dne 1. 12. 2008. 31 z odebraných vzorků je v rozmezí vlhkosti od 20 – 30%, 13 vzorků je v rozmezí 30 – 65%. Průměrná vlhkost všech 44 vzorků je 31,19%. Tato hodnota koresponduje s hodnotami uvedenými v odborných publikacích, pro vyschlou štěrku skladovanou pod střechou.

Graf 2 znázorňuje vlhkost 44 vzorků štěpky odebraných v době 13. 1. 2009 – 27. 2. 2009. Zde se rozmezí vlhkosti jednotlivých vzorků pohybovalo od 16,35% u vzorku č. 21D ze dne 3. 2. 2009 až po 46,78% u vzorku č. 40D ze dne 23. 2. 2009. 3 vzorky jsou v rozmezí vlhkosti 16 – 20%, 13 vzorků je v rozmezí 20 – 30%, 28 vzorků v rozmezí 30 – 50%. Průměrná vlhkost všech 44 vzorků je 32,9% a i tato hodnota koresponduje s hodnotami uvedenými v odborných publikacích,

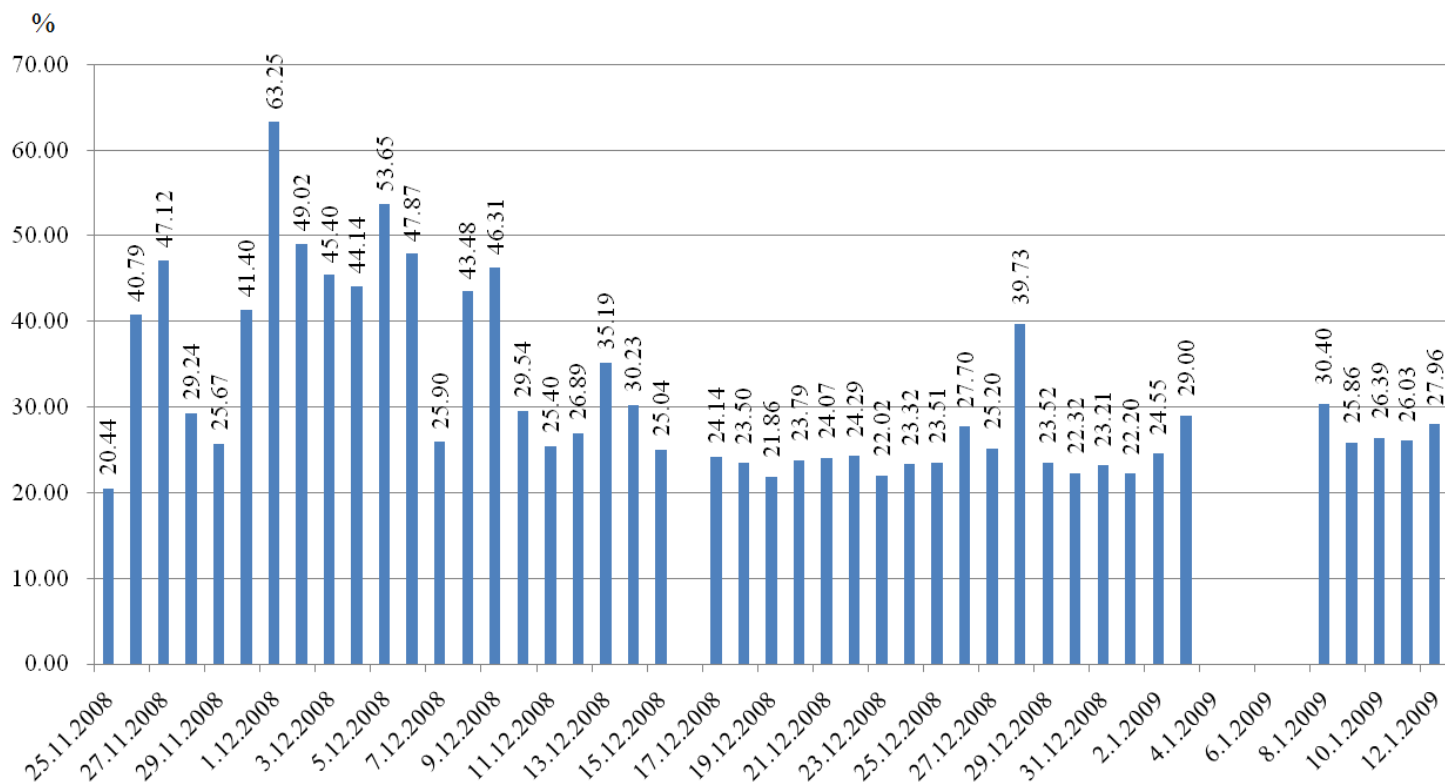
Celková průměrná vlhkost všech 88 vzorků je stanovena na 32,03%.

U 44 vzorků štěpky odebraných v době 13. 1. 2009 – 27. 2. 2009 byl určen i procentuální podíl zastoupení listnatého a jehličnatého dřeva a určena vodní kapacita³⁷. Vodní kapacitou dřevin se zabývá podrobněji literatura (64). Určení této vodní kapacity pak následně vedlo k určení přirozené ztráty vlhkosti v laboratorním prostředí (dále jen ztráta vlhkosti) v průběhu 24 hodin a dále až do bodu, kdy byly vzorky zcela suché (příloha 1 a tabulka 8). Průměrná ztráta vlhkosti v průběhu 24 hodin je stanovena na 61,41 %. Průměrná ztráta vlhkosti do bodu zcela suchých vzorků je 63,2 % a je pro účel této práce důležitá, jelikož není známa okamžitá vlhkost čerstvé štěpky, která je převážena do obecní výtopny. Průměrná ztráta vlhkosti do bodu zcela suchého vzorku 63,2 % je tedy považována za maximální vlhkost štěpky v okamžiku, kdy je čerstvá štěpka po štěpkování dopravována do obecní výtopny v kontejneru o objemu 22 m³.

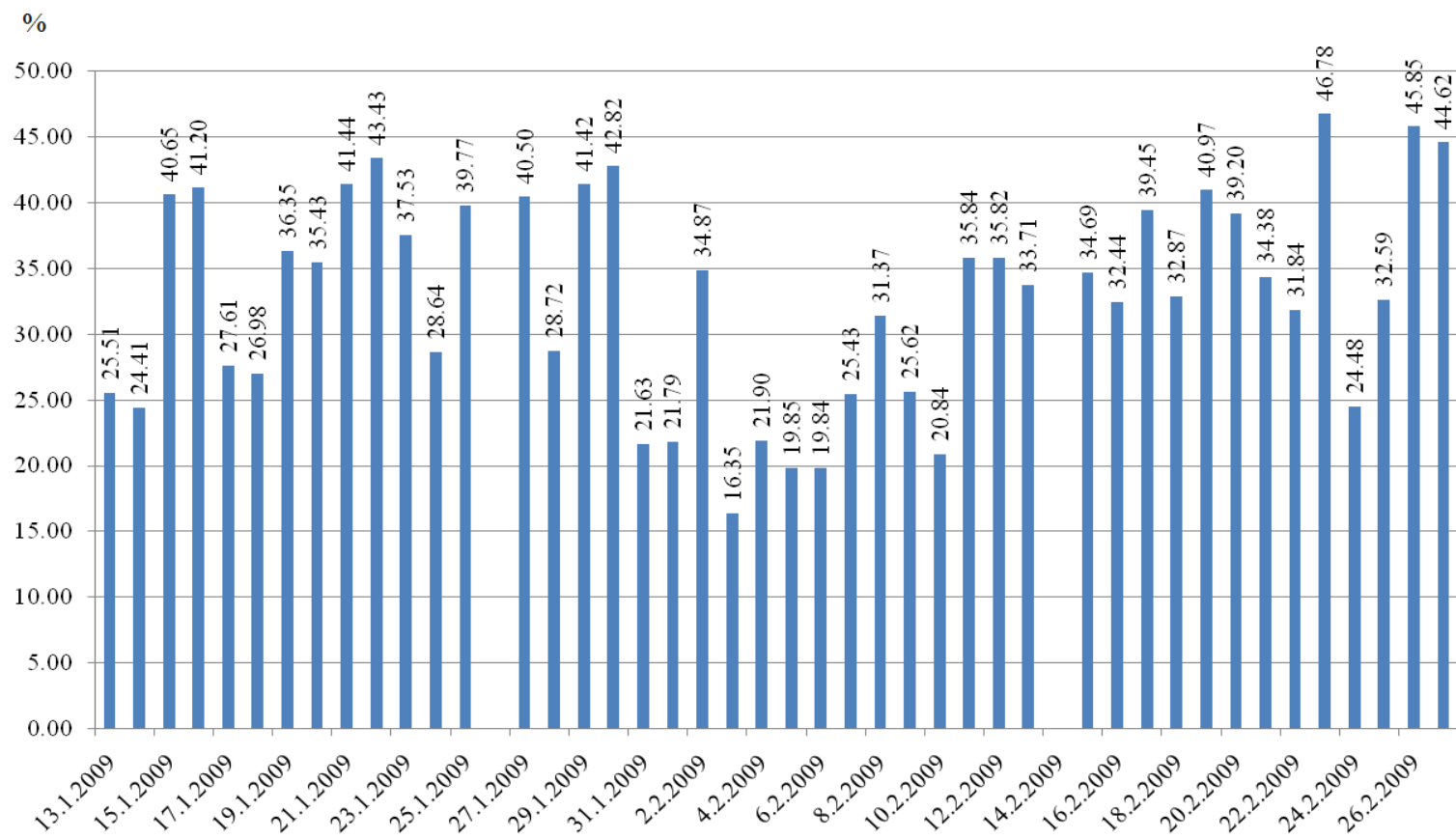
V souvislosti se stanovením procentuálního zastoupení listnatého a jehličnatého dřeva u vzorkované štěpky, je zajímavý i průběh stanovené ztráty vlhkosti. Jednotlivé grafy procentuálního zastoupení listnatého dřeva u vzorkované štěpky (příloha 2) ukazují na totožný průběh ztráty vlhkosti (v %) u stejného podílu listnatého dřeva vzorkované štěpky.

³⁷ Maximální množství vody, které je schopna pojmout dřevina.

Graf 1: Vlhkost 44 vzorků štěpky z obecní výtopny, období 25. 11. 2008 – 12. 1. 2009



Graf 2: Vlhkost 44 vzorků štěpky z obecní výtopny, období 13. 1. 2009 – 27. 2. 2009



Tabulka 8: Ztráta vlhkosti 44 vzorků štěpky z obecní výtopny, období 13. 1. 2009 – 27. 2. 2009

číslo vzorku	datum odběru	ztráta vlhkosti (%)					číslo vzorku	datum odběru	ztráta vlhkosti (%)				
		1hod.	2hod.	3hod.	24hod.	suchý			1hod.	2hod.	3hod.	24hod.	suchý
1D	13.1.2009	9,87	16,88	23,48	67,29	70,15	23D	5.2.2009	6,23	12,64	16,43	66,04	67,42
2D	14.1.2009	15,19	25,87	31,74	64,17	64,19	24D	6.2.2009	6,96	13,97	18,46	62,53	65,10
3D	15.1.2009	10,64	18,62	25,23	59,28	61,57	25D	7.2.2009	6,21	15,03	17,68	68,22	70,08
4D	16.1.2009	12,76	21,21	26,66	61,98	62,87	26D	8.2.2009	6,30	14,58	19,08	61,02	65,05
5D	17.1.2009	8,63	16,27	21,12	65,49	66,10	27D	9.2.2009	5,66	12,06	15,88	60,18	63,59
6D	18.1.2009	9,96	17,85	26,19	66,47	66,57	28D	10.2.2009	6,78	13,73	18,01	63,11	64,89
7D	19.1.2009	9,25	16,76	23,02	58,95	59,60	29D	11.2.2009	6,10	11,91	16,56	55,00	57,65
8D	20.1.2009	8,79	15,93	21,49	56,45	58,36	30D	12.2.2009	6,43	14,24	18,95	59,15	63,21
9D	21.1.2009	10,01	18,41	26,07	64,05	65,64	31D	13.2.2009	4,96	11,51	15,59	53,92	57,66
10D	22.1.2009	9,08	16,02	23,66	65,00	65,27	32D	15.2.2009	6,33	13,39	17,46	53,85	56,60
11D	23.1.2009	10,87	19,65	27,67	65,50	66,17	33D	16.2.2009	7,35	17,07	21,38	55,35	56,84
12D	24.1.2009	9,87	18,29	25,29	60,50	60,81	34D	17.2.2009	6,00	13,89	18,48	57,49	59,08
13D	25.1.2009	9,68	16,25	23,28	66,48	66,59	35D	18.2.2009	7,13	15,62	20,88	58,51	60,07
14D	27.1.2009	9,31	17,14	25,16	60,79	61,59	36D	19.2.2009	7,86	17,27	22,62	62,22	62,93
15D	28.1.2009	10,81	18,27	26,28	66,42	66,52	37D	20.2.2009	6,55	15,11	19,83	58,98	62,81
16D	29.1.2009	10,81	18,27	26,28	66,42	66,52	38D	21.2.2009	6,62	14,81	19,68	59,98	63,81
17D	30.1.2009	9,36	17,44	23,64	59,82	60,09	39D	22.2.2009	7,08	14,75	19,15	62,17	64,28

číslo vzorku	datum odběru	ztráta vlhkosti (%)					číslo vzorku	datum odběru	ztráta vlhkosti (%)				
		1hod.	2hod.	3hod.	24hod.	suchý			1hod.	2hod.	3hod.	24hod.	suchý
18D	31.1.2009	9,67	16,85	22,91	57,08	59,01	40D	23.2.2009	8,64	17,31	22,17	60,90	62,54
19D	1.2.2009	8,77	15,35	21,09	60,47	61,94	41D	24.2.2009	6,88	17,75	22,47	61,90	64,17
20D	2.2.2009	8,33	15,24	19,29	60,70	61,71	42D	25.2.2009	6,50	16,87	22,20	63,18	65,24
21D	3.2.2009	7,59	16,21	20,26	62,74	63,37	43D	26.2.2009	6,92	16,24	21,09	61,86	65,58
22D	4.2.2009	6,42	13,30	17,14	64,61	68,48	44D	27.2.2009	7,63	20,28	25,53	52,65	54,43

6.2 Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost, elementární složení hořlaviny paliva

V první fázi vzorkování 25. 11. 2008 – 12. 1. 2009 byl u 44 vzorků stanoven procentuální obsah popela. Průměrný obsah popela byl 1,2%, s maximem 2,92% s minimem 0,44%. 20 vzorků bylo v rozmezí 1-2%.

V rámci laboratorních rozborů 44 vzorků štepky odebraných v období 13. 1. 2009 – 27. 2. 2009 bylo vybráno 10 reprezentativních vzorků, a to i s ohledem na procentuální listnatý podíl, u kterých byly následně určeny tyto vlastnosti paliva (v dodaném stavu, v bezvodém stavu a v hořlavině vzorku):

- spalné teplo;
- výhřevnost;
- elementární složení (C, O, H, N, S).

Následující tabulky (tabulka 9 – tabulka 18) zhodnocují výsledky laboratorních rozborů a propočtů vlastností paliva u 10 vybraných reprezentativních vzorků.

Tabulka 9: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení vzorek č.33.D – 100% listnaté složky

vzorek č.33.D – 100% listnaté složky		vzorek v dodaném stavu	vzorek bezvodý	hořlavina vzorku
vlhkost	%	32.44		
popel	%	0.74	1.09	
hořlavina	%	66.82	98.91	100.00
spalné teplo	kJ/kg	13 600	20 130	20 352
výhřevnost	kJ/kg	11 793	18 560	18 765
vodík	%	5.15	7.62	7.70
uhlík	%	32.10	47.51	48.03
dusík	%	0.28	0.41	0.41
kyslík	%	29.30	43.37	43.85
síra	%	<0.001	<0.001	<0.001

Tabulka 10: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č.43.D – 90 % listnaté složky

vzorek č.43.D – 90% listnaté složky		vzorek v dodaném stavu	vzorek bezvodý	hořlavina vzorku
vlhkost	%	45.85		
popel	%	0.77	1.42	
hořlavina	%	53.38	98.58	100.00
spalné teplo	kJ/kg	10 868	20 070	20 359
výhřevnost	kJ/kg	9 008	18 583	18 850
vodík	%	3.91	7.22	7.32
uhlík	%	25.14	46.43	47.10
dušík	%	0.26	0.48	0.49
kyslík	%	24.07	44.45	45.09
síra	%	<0.001	<0.001	<0.001

Tabulka 11: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 8.D – 80 % listnaté složky

vzorek č. 8.D – 80% listnaté složky		vzorek v dodaném stavu	vzorek bezvodý	hořlavina vzorku
vlhkost	%	41.44		
popel	%	0.83	1.42	
hořlavina	%	57.73	98.58	100.00
spalné teplo	kJ/kg	11 296	19 290	19 568
výhřevnost	kJ/kg	9 453	17 770	18 026
vodík	%	4.32	7.38	7.49
uhlík	%	27.61	47.15	47.83
dušík	%	0.20	0.35	0.36
kyslík	%	25.59	43.70	44.33
síra	%	<0.001	<0.001	<0.001

Tabulka 12: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 11.D – 70 % listnaté složky

vzorek č. 11.D – 70% listnaté složky		vzorek v dodaném stavu	vzorek bezvodý	hořlavina vzorku
vlhkost	%	37.53		
popel	%	1.01	1.61	
hořlavina	%	61.46	98.39	100.00
spalné teplo	kJ/kg	11 847	18 964	19 274
výhřevnost	kJ/kg	10 049	17 468	17 754
vodík	%	4.54	7.26	7.38
uhlík	%	29.74	47.6	48.38
dušík	%	0.19	0.31	0.32
kyslík	%	27.00	43.22	43.93
síra	%	<0.001	<0.001	<0.001

Tabulka 13: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 14.D – 60 % listnaté složky

vzorek č. 14.D – 60% listnaté složky		vzorek v dodaném stavu	vzorek bezvodý	hořlavina vzorku
vlhkost	%	40.5		
popel	%	0.68	1.14	
hořlavina	%	58.82	98.86	100.00
spalné teplo	kJ/kg	10 833	18 206	18 416
výhřevnost	kJ/kg	9 055	16 785	16 978
vodík	%	4.11	6.9	6.98
uhlík	%	27.77	46.68	47.22
dušík	%	0.22	0.37	0.37
kyslík	%	26.72	44.91	45.43
síra	%	<0.001	<0.001	<0.001

Tabulka 14: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 23.D – 50 % listnaté složky

vzorek č. 23.D – 50% listnaté složky		vzorek v dodaném stavu	vzorek bezvodý	hořlavina vzorku
vlhkost	%	19.85		
popel	%	1.20	1.50	
hořlavina	%	78.95	98.50	100.00
spalné teplo	kJ/kg	14 350	17 904	18 177
výhřevnost	kJ/kg	12 649	16 351	16 600
vodík	%	6.04	7.54	7.65
uhlík	%	37.13	46.32	47.03
dušík	%	0.40	0.5	0.51
kyslík	%	35.38	44.14	44.81
síra	%	<0.001	<0.001	<0.001

Tabulka 15: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 30.D – 40 % listnaté složky

vzorek č. 30.D – 40% listnaté složky		vzorek v dodaném stavu	vzorek bezvodý	hořlavina vzorku
vlhkost	%	35.82		
popel	%	0.65	1.01	
hořlavina	%	63.53	98.99	100.00
spalné teplo	kJ/kg	11 302	17 610	17 790
výhřevnost	kJ/kg	9 510	16 102	16 266
vodík	%	4.70	7.32	7.39
uhlík	%	29.85	46.51	46.98
dušík	%	0.36	0.56	0.57
kyslík	%	28.62	44.60	45.05
síra	%	<0.001	<0.001	<0.001

Tabulka 16: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 2.D – 30 % listnaté složky

vzorek č. 2.D – 30% listnaté složky		vzorek v dodaném stavu	vzorek bezvodý	hořlavina vzorku
vlhkost	%	24.41		
popel	%	0.91	1.20	
hořlavina	%	74.68	98.80	100.00
spalné teplo	kJ/kg	12 923	17 096	17 304
výhřevnost	kJ/kg	11 209	15 572	15 761
vodík	%	5.59	7.4	7.49
uhlík	%	34.88	46.15	46.71
dusík	%	0.26	0.34	0.34
kyslík	%	33.95	44.91	45.45
síra	%	<0.001	<0.001	<0.001

Tabulka 17: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 1.D – 20 % listnaté složky

vzorek č. 1.D – 20% listnaté složky		vzorek v dodaném stavu	vzorek bezvodý	hořlavina vzorku
vlhkost	%	25.51		
popel	%	0.97	1.30	
hořlavina	%	73.52	98.70	100.00
spalné teplo	kJ/kg	13 202	17 723	17 956
výhřevnost	kJ/kg	11 490	16 213	16 427
vodík	%	5.46	7.33	7.43
uhlík	%	34.88	46.83	47.45
dusík	%	0.31	0.42	0.43
kyslík	%	32.86	44.12	44.70
síra	%	<0.001	<0.001	<0.001

Tabulka 18: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 1.D – 10 % listnaté složky

vzorek č. 18.D – 10% listnaté složky		vzorek v dodaném stavu	vzorek bezvodý	hořlavina vzorku
vlhkost	%	21.63		
popel	%	0.42	0.53	
hořlavina	%	77.95	99.47	100.00
spalné teplo	kJ/kg	13 831	17 648	17 742
výhřevnost	kJ/kg	12 095	16 068	16 154
vodík	%	6.01	7.67	7.71
uhlík	%	36.58	46.67	46.92
dusík	%	0.12	0.15	0.15
kyslík	%	35.25	44.98	45.22
síra	%	<0.001	<0.001	<0.001

Tabulka 19 popisuje průměrné hodnoty reprezentativních vzorků, jejichž výsledky budou použity pro sestavení jednotlivých LCI spalování štepky.

Průměrná vlhkost těchto 10 reprezentativních vzorků činila 32,5%, což koresponduje s výsledky stanovujícími průměrnou vlhkost všech 88 vzorků štepky (32,03%), (viz text výše).

Průměrná výhřevnost vzorků v dodaném stavu činila 10 631 kJ/kg, průměrná výhřevnost bezvodých vzorků štepky pak 16 947 kJ/kg a průměrná výhřevnost stanovená u hořlaviny vzorku činila 17 158 kJ/kg.

Srovnáním elementárního složení dřevní hmoty uvedeného v tabulce 3 pro smíšenou dřevní hmotu (listnaté i jehličnaté) s tabulkou 19 lze pozorovat odchylky v desetínách či jednotkách procent. Tyto odchylky však mohou být způsobeny právě procentuálním podílem dřevní hmoty, navíc u tabulky 3 nebyl podrobný komentář, na jak velkém vzorku štepky byly tyto výsledky vyhodnoceny.

Tabulka 19: Průměrné hodnoty všech 10 reprezentativních vzorků³⁸

průměrné hodnoty všech 10 reprezentativních vzorků		vzorek v dodaném stavu	vzorek bezvodý	hořlavina vzorku
voda celková	%	32.5		
popel	%	0.82	1.12	
hořlavina	%	66.68	98.80	100.00
spalné teplo	kJ/kg	12 405	18 464	18 664
výhřevnost	kJ/kg	10 631	16 947	17 158
vodík	%	4.59	7.36	7.45
uhlík	%	34.34	46.79	47.37
dusík	%	0.24	0.34	0.40
kyslík	%	27.53	44.19	44.79
síra	%	<0.001	<0.001	<0.001

6.3 Objemová měrná hmotnost

U 44 vzorků štěpky, odebraných v období 25. 11. 2008 – 12. 1. 2009, byla určena průměrná objemová měrná hmotnost po vysušení, která činila 195,7 g/dm³, tedy 195,7 kg/m³ (tabulka 20). Dopotem pak byla stanovena průměrná objemová měrná hmotnost těchto vzorků štěpky při jejich průměrné vlhkosti 32,5% na 259,3 kg/m³, průměrná objemová hmotnost pro čerstvou štěpku o průměrné vlhkosti 63,2% na 319,4 kg/m³.

Po porovnání výsledků objemové měrné hmotnosti s údaji uvedenými v (45) lze tyto hodnoty považovat za odpovídající a vhodné pro účel této práce.

³⁸ Hodnoty byly upraveny odečtením odchylky 8,5% oproti stanovení hořlaviny. Tato odchylka vznikla zřejmě zaokrouhlováním všech vzorků na dvě desetinná místa.

Určení všech základních vlastností paliva je v rámci této práce důležitým krokem, který dává rámec pro vznik dílčích LCI jednotlivých procesů, vedoucí k celkové LCI výroby tepla spalováním štěpky v obecní výtopně.

Tabulka 20: Stanovení měrné objemové hmotnosti 44 suchých vzorků štěpky

číslo vzorku	datum odběru	vlhkost (%)	objemová měrná hmotnost suchého vzorku (g/dm ³)	číslo vzorku	datum m odběru	vlhkost (%)	objemová měrná hmotnost suchého vzorku (g/dm ³)
1D	13.1.2009	25,51	189,488	23D	5.2.2009	19,85	232,683
2D	14.1.2009	24,41	187,673	24D	6.2.2009	19,84	197,549
3D	15.1.2009	40,65	170,496	25D	7.2.2009	25,43	191,904
4D	16.1.2009	41,20	176,735	26D	8.2.2009	31,37	180,056
5D	17.1.2009	27,61	174,822	27D	9.2.2009	25,62	210,192
6D	18.1.2009	26,98	182,571	28D	10.2.2009	20,84	199,380
7D	19.1.2009	36,35	172,255	29D	11.2.2009	35,84	199,699
8D	20.1.2009	35,43	172,364	30D	12.2.2009	35,82	209,525
9D	21.1.2009	41,44	161,105	31D	13.2.2009	33,71	207,848
10D	22.1.2009	43,43	166,424	32D	15.2.2009	34,69	216,645
11D	23.1.2009	37,53	177,575	33D	16.2.2009	32,44	216,267
12D	24.1.2009	28,64	177,905	34D	17.2.2009	39,45	200,780
13D	25.1.2009	39,77	191,612	35D	18.2.2009	32,87	220,506
14D	27.1.2009	40,50	174,419	36D	19.2.2009	40,97	203,460
15D	28.1.2009	28,72	179,926	37D	20.2.2009	39,20	222,039
16D	29.1.2009	41,42	187,963	38D	21.2.2009	34,38	197,363
17D	30.1.2009	42,82	197,033	39D	22.2.2009	31,84	197,602
18D	31.1.2009	21,63	197,730	40D	23.2.2009	46,78	219,732
19D	1.2.2009	21,79	196,982	41D	24.2.2009	24,48	225,998
20D	2.2.2009	34,87	188,491	42D	25.2.2009	32,59	197,924
21D	3.2.2009	16,35	189,588	43D	26.2.2009	45,85	230,324
22D	4.2.2009	21,90	201,485	44D	27.2.2009	44,62	218,745

6.4 Bobtnání a sesychání

Pro účel disertační práce je pro dřevní štěpku spalovanou v obecní výtopně použita průměrná hodnota K_α pro dřeva středně bobtnavá ($K_\alpha = 0,5$) (dle kapitoly 4.5).

$$\alpha_{32,5} = K_{\alpha_i} \cdot (w_{32,5} - w_0) = \mathbf{16,25\%}$$

$$\alpha_{63,2} = K_{\alpha_i} \cdot (w_{63,2} - w_0) = \mathbf{31,6\%}$$

$$d\alpha_i = \alpha_{63,2} - \alpha_{32,5} = \mathbf{15,35\%}$$

$$\beta_{32,5} = \frac{100 \cdot \alpha_{32,5}}{100 + \alpha_{32,5}} = \mathbf{13,98\%}$$

$$\beta_{63,2} = \frac{100 \cdot \alpha_{63,2}}{100 + \alpha_{63,2}} = \mathbf{24,24\%}$$

$$d\beta_i = \beta_{63,2} - \beta_{35,2} = \mathbf{10,26\%}$$

7 LCA výroby tepla ze spalování štěpky

7.1 Cíl

Cílem této části práce je sestavení LCA výroby tepla v obecní výtopně Hostětíně, ze spalování štěpky vyrobené z bioodpadu.

7.1.1 Posuzovaný produktový systém

V rámci celé LCA je předmětem **teplo** vyrobené ze spalování štěpky v obecní výtopně (obrázek 13) pro decentralizované zásobování teplem obce Hostětín. Tato dřevní štěpka je vyrobena z bioodpadu (katalogové číslo 02 01 07 odpady z lesnictví) (42) společností Pila VÁGNER, se sídlem Hrádek na Vlárské dráze, 763 21 Slavičín.



Obrázek 13: Pohled na obecní výtopnu (65)

Obec Hostětín se nachází v Bílých Karpatech, v současnosti má 230 obyvatel. Rozhodnutí vybudovat obecní výtopnu spalující biomasu vzešlo ze situace nevýhodné polohy Hostětína. Ležel mimo trasu plánovaného plynovodu a topilo se zde převážně hnědým uhlím anebo elektřinou. Úvodní šetření zájmu obyvatel Hostětína připojit se na výtopnu spalující biomasu ukazovalo zhruba na 50% podporu. Současně se obcí s pomocí Nadace Partnerství a Centra Veronica podařilo zajistit financování připravovaného projektu. Ministerstvo životního prostředí pomohlo zprostředkovat kontakty mezi obcí,

nizozemskou společností TEI – Twente Energy Institute a jedním z jejích členů BTG – Biomass Technology Group. Ta formulovala návrh projektu pro nizozemskou vládní agenturu Senter a v prosinci 1998 byl projekt schválen nizozemskou vládou.

Výtopna byla uvedena do provozu na podzim roku 2000. Jejím majitelem a provozovatelem je obec Hostětín. V teplovodním kotli KARA Energy Systems B.V., typ KW 630 (dále jen KARA) o výkonu 732 kW, se spaluje dřevní štěpka (viz kapitola 4.1.1), která je průběžně navážena do skladu o zásobním objemu přibližně 900 m³. Výtopna dodává teplo prostřednictvím 2,8 km dlouhé teplovodní sítě 68 připojeným odběratelům z celkových 81 obydlených budov v Hostětíně (tedy 84 % všech v obci vytápěných objektů) (66). Na obrázku 14 je znázorněna rozvodná tepelná síť v obci Hostětín, kdy na jeden připojený dům připadá v průměru 42 m rozvodů. Nedochází tak k významným tepelným ztrátám. V Hostětíně se v rozvodech ztrácí odhadem kolem 20 % tepla. Jde však pouze o odhad. Přesnější údaje nejsou k dispozici, protože na výstupu není umístěno žádné měřicí zařízení (67). Mimo topnou sezonu používají obyvatelé Hostětína k ohřevu vody pro domácnosti jiné zdroje tepla, např. elektřinu a solární energii.



Obrázek 14: Rozvodná tepelná síť v obci Hostětín (67)

Dodavatelé štěpky se v průběhu provozu obecní výtopny měnili. Dlouhodobé smlouvy na dodávku paliva se nedařilo v tomto odvětví uzavírat. Do roku 2003 získávala obec palivo z okruhu asi 25 km, v roce 2004 se pak tato vzdálenost kvůli uzavření provozu hlavního dodavatele zvýšila na dvojnásobek. Od té doby se dodávky opět stabilizovaly, v současnosti pochází naprostá většina paliva z okruhu 15 km, což významně snížilo výdaje na dopravu paliva (66). Dodávky paliva jsou rozloženy v průběhu celého roku, s určitým poklesem na přelomu kalendářního roku (konec prosince – začátek ledna). Tento výpadek pak bývá pokryt zásobami dodanými v letních měsících, tedy mimo topnou sezonu (68).

Možnou variantou v zásobování dřevní štěpkou by mohlo být i pěstování RRD na pozemcích obce či místních zemědělců, čímž by se obec v zásobování dřevní štěpkou stala soběstačnou a zcela nezávislou na dodavatelích, což již bylo publikováno v (10).

7.2 Hranice systému a referenční tok

Jak již bylo popsáno výše, je pro výrobu tepla v obecní výtopně používána štěrpa vyrobená z bioodpadu, proto je nastavení hranic charakterizováno níže uvedenými procesy a referenční tok znázorňuje obrázek 15:

- vznik bioodpadu - vstup;
- štěpkování;
- veškerá doprava a provoz lesní a automobilové techniky potřebné k výrobě a dopravě štěrpy do obecní výtopny;
- skladování a manipulace štěpkou;
- spalování štěrpy a vznik tepla připraveného k dodávce odběrateli - produkt;
- vznik veškerých emisí a likvidace popele a popílku - výstup.

Jako základní vlivy na životní prostředí jsou pak stanoveny tyto:

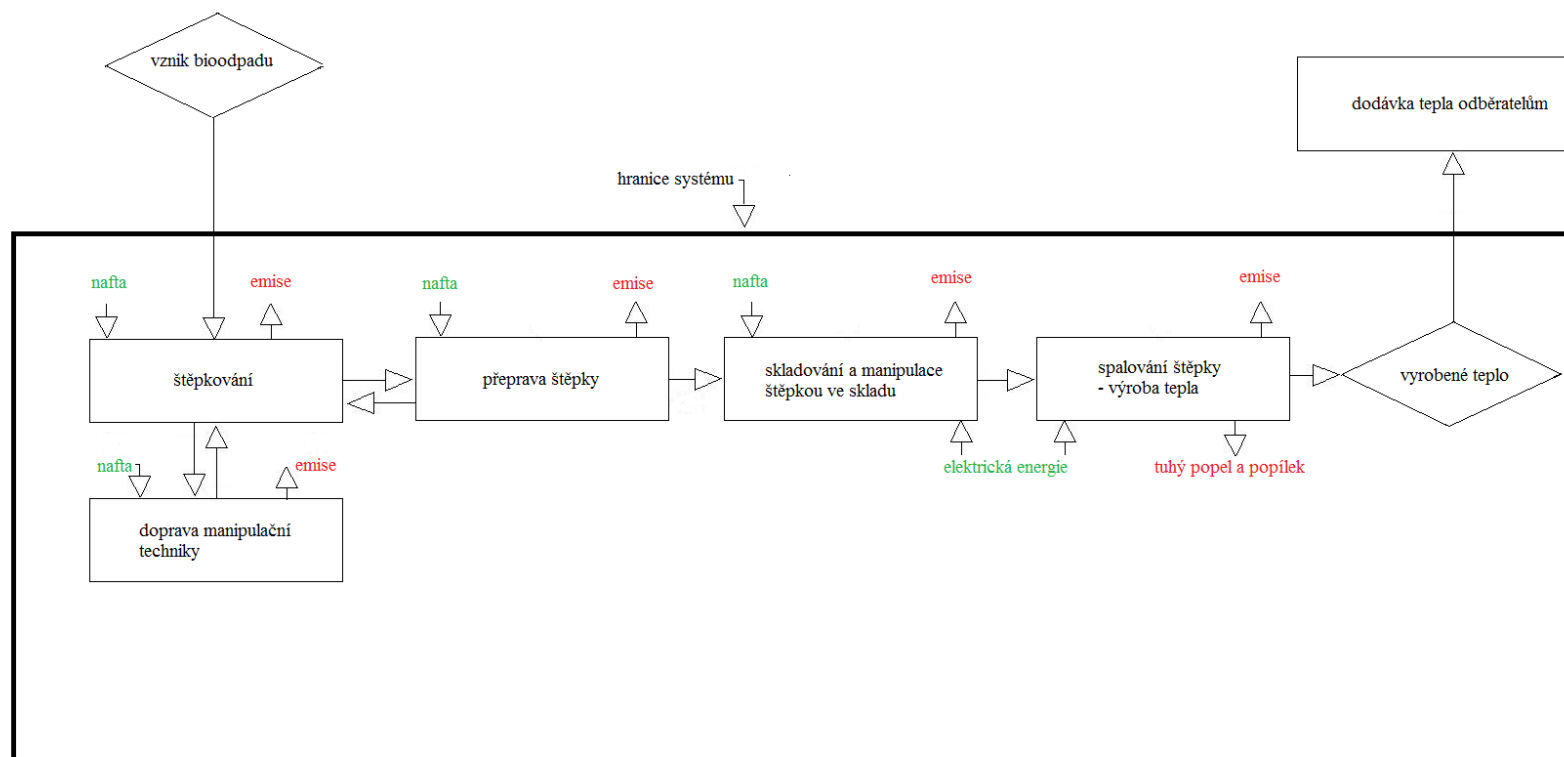
- vliv výroby štěrpy na životní prostředí;
- vliv dopravy, skladování a manipulace štěpkou na životní prostředí;
- vliv spalování štěrpy na životní prostředí;
- vliv výroby a distribuce nafty na životní prostředí³⁹ ;
- vliv výroby a distribuce elektrické energie na životní prostředí⁴⁰;

Konečný vliv je pak hodnocen jako vliv spalování štěrpy pro výrobu 1GJ tepla.

Do LCA nejsou zahrnuta data, jejichž množství je menší než 1% celkového množství vstupů v daném procesu. Zároveň není zahrnut dopad popela.

³⁹ Pro výrobu a distribuci nafty byla použita data ESU-ETH databáze, s názvem Naphtha from refinery Europe.

⁴⁰ Pro výrobu a distribuci elektrické energie byla použita data ESU-ETH databáze, s názvem Low voltage electricity use in UCPTE



Obrázek 15: Referenční tok a hranice systému výroby tepla ze spalování štěpky v obecní výtopně

7.3 Funkce produktového systému

Funkcí posuzovaného produktového systému je **výroba tepla ze spalování štěpky** v obecní výtopně Hostětín pro decentralizované zásobování teplem obec Hostětín.

7.4 Funkční jednotka

Funkční jednotka je **1 GJ vyrobeného tepla**.

7.5 Požadavky na množství a kvalitu dat

V rámci LCA tepla ze spalování štěpky spalované v obecní výtopně Hostětín jsou použita data získaná

1. přímo v rámci všech procesů konkrétního produktového systému tzv. „na místě“ (z měření a evidence vedené pro jednotkové procesy) a laboratorních měření (vlastnosti štěpky kapitola 6);
2. technické a provozní dokumentace;
3. pokud vyvstane potřeba dat, která není možno získat způsoby uvedenými v 1. a 2., opřít se o dostupné databáze a data vědeckých studií, publikací, legislativy a literatury.

7.6 LCI tepla ze spalování štěpky

Vlastnosti štěpky byly stanoveny v kapitole 6.

7.6.1 Vstupní data výroby 1 GJ tepla v obecní výtopně Hostětín

Za sledované období 27. 11. 2008 – 18. 2. 2009 byla v rámci provozu obecní výtopny vyhotovena následná bilance:

- vyrobeno **2631,559⁴¹ GJ tepla**;
- spotřebováno **973,7⁴² prms štěpky** o vlhkosti 32,5%. Toto množství odpovídá **1439,4 prms štěpky** o vlhkosti 63,2%. Vztaženo na funkční jednotku bylo pro

⁴¹ Údaj o množství vyrobeného tepla je z kalibrovaného měřidla, jež je součástí zařízení kotelny.

⁴² Údaj pochází z evidence o dodávkách štěpky do obecní výtopny Hostětín a inventury ve skladu štěpky provedené v den zahájení sledovaného období v rámci této studie (27. 11. 2008), tento údaj je pro celou studii absolutní, nepočítá se změnou objemu ztrátou vlhkosti.

výrobu **1 GJ tepla** zapotřebí **0,370 prms** štěpky o vlhkosti 32,5%, což odpovídá **0,547 prms** štěpky o vlhkosti 63,2%;

- Vyvezeno **4,5 t** popela. Vztaženo na funkční jednotku vzniklo pro výrobu **1 GJ** **1,709 kg popela**
- spotřebováno **19856,7 kWh elektrické energie**. Vztaženo na funkční jednotku bylo pro výrobu **1 GJ tepla** zapotřebí **7,546 kWh elektrické energie**;
- průměrný výkon kotle byl **362,6 kW**⁴³.

7.6.2 Hmotnostní a materiálové toky výroby štěpky o vlhkosti 32,5%, její dopravy, skladování a manipulace štěpkou ve skladu

Data pro výpočty jednotlivých vstupů a výstupů jsou vztažena k **1prms** vyrobené štěpky o vlhkosti 32,5%. Následně dojde k propočtu na funkční jednotku **1 GJ** tepla vyrobeného spálením 0,307 prms štěpky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně. Tato potřeba změny vyvstala ze skutečnosti zapsání jednotkových procesů výroby, dopravy, skladování a manipulace štěpkou ve skladu obecní výtopny, do softwaru SimaPro 7.1, a to s ohledem na možnosti software. Ve výpočtech se vychází z údajů o množství štěpky dodané a spálené ve sledovaném období, uvedené v kapitole 6.4, tedy 973,7 prms štěpky o vlhkosti 32,5%.

LCI zahrnuje data potřebná k vyhodnocení těchto tří vlivů:

- vliv výroby štěpky na životní prostředí;
- vliv dopravy, manipulace a skladování štěpky na životní prostředí;
- vliv výroby a distribuce nafty na životní prostředí.

Výroba štěpky zahrnuje:

- dopravu lesnické a manipulační techniky na místo;
- manipulaci bioodpadem na místě;
- štěpkování a nakládání vyrobené štěpky do dopravního kontejneru.

⁴³ Průměrný výkon nad 300 kW v zimních měsících potvrzuje i (68).

Data od společnosti Pila VÁGNER o lesnické a manipulační technice bylo nutno rozšířit, proto byla pro účel této LCA použita i data z technické dokumentace, uváděné pro jednotlivé stroje výrobcí. Sledování dopravních vzdáleností vychází z dlouhodobých statistik společnosti Pila VÁGNER a údajů z literatury (66), (67).

Doprava manipulační techniky na místo zahrnuje dopravu veškeré techniky na místo štěpkování, tj. přemístění lesního traktoru STEYR s dieslovým motorem⁴⁴, jež vleče štěpkovač BOBR 7⁴⁵, manipulátoru MERLO TURBOFARMER⁴⁶ s dieslovým motorem o a vozu LIAZ s dieslovým motorem do výše uvedené vzdálenosti, nepřesahující v obou směrech 20 km od sídla společnosti Pila VÁGNER. Tato činnost probíhá vždy jen jedenkrát za štěpkování, vypočítané množství spotřebované nafty je 17 litrů⁴⁷. Jelikož se v době vzniku této disertační práce nepodařilo ověřit data o počtu štěpkování k dosažení 1438,4 prms štepky dodané do skladu obecní výtopny Hostětín, nedá se ani konstatovat, kolikrát byla manipulační technika dopravena na místo štěpkování. Chybným započítáním spotřeby nafty potřebné pro dopravu manipulační techniky na místo by tak mohla v celkové LCA vzniknout chyba, proto je tento krok procesu z LCA vynechán. Podrobně se problematikou a úskalími štěpkování na místě, dopravy manipulační techniky a přepravy biomasy zabývá literatura (69).

Štěpkování je zajištěno štěpkovačem BOBR 7, který je vlečen a poháněn lesním traktorem STEYR. Manipulace s bioodpadem je prováděna manipulátorem MERLO TURBOFARMER (obrázek 16).

⁴⁴ Maximální dosažitelná rychlost 40 km/hod., spotřeba za chodu 8 l/motohodinu.

⁴⁵ Průměrná výroba štepky je 40 m³/hod., (údaje ze statistiky Pila VÁGNER).

⁴⁶ Maximální dosažitelná rychlost 40 km/hod., spotřeba za chodu 3 l/motohodinu.

⁴⁷ Při průměrné rychlosti 20 km/hod. u strojů s údaji uvedenými v motohodinách a vozu LIAZ 200 30 l/100 km.



Obrázek 16: Lesní traktor STEYR nahoře vlevo (70), nahoře vpravo štěpkovač BOBR 7 (71), dole uprostřed manipulator MERLO Turbofarmer (72)

Pro výrobu **973,7 prms** štěpky o vlhkosti 32,5 % resp. **1439,4 prms štěpky o vlhkosti 63,2%**, je při pracovním výkonu štěpkovače BOBR 7 výroby 40 prms štěpky za 1 motohodinu, zapotřebí 36 provozních hodin dle vztahu.

Rovnice 23⁴⁸

$$t = \frac{m_{\xi}}{V_{\xi}} \text{ (hodina)}$$

Celková spotřeba pohonných hmot činí pro výše uvedené stroje 396 litrů nafty, vypočteno dle

Rovnice 24⁴⁹

$$s_c = s_s \cdot t = (s_{\xi} + s_m) \cdot t \quad (1)$$

⁴⁸ t - čas štěpkování (hodina), m_{ξ} – množství štěpky potřebné pro proces (1439,4 m³)(prms), V_{ξ} – průměrný výkon štěpkovače (40 prms/hod.)

⁴⁹ s_c - celková spotřeba paliva (l.), s_s - spotřeba stroje (l/hodina), s_{ξ} - spotřeba paliva štěpkovače (l/hodina), s_m - spotřeba paliva manipulátoru (l/hodina),

Vztaženo k měrné jednotce **1 prms** štěpky o vlhkosti 32,5% se spotřebuje 0,339 kg nafty, vypočteno dle

Rovnice 25⁵⁰

$$s_{mj} = \frac{s_c}{m_s} / 1,2$$

(kg)

Do procesu nejsou započítávány vstupy, jako je spotřeba olejů a dalších materiálů potřebných pro údržbu této techniky, jakož ani hluk, který je provozem vozidla způsoben. Započítána je pouze spotřeba nafty.

Doprava štěpky do skladu obecní výtopny v Hostětíně je zajištěna vozem LIAZ. Vyrobená štěpka o stanovené průměrné vlhkosti 63,2% je nakládán do kontejneru o objemu 22 m³ a odvážená vozem LIAZ do zastřešeného skladu obecní výtopny.⁵¹ Maximální vzdálenost z místa štěpkování do obecní výtopny je 15 km⁵². Průměrná spotřeba paliva vozidla LIAZ činí 30 litrů na 100 km⁵³. Plně naložený kontejner pojme 22 prms štěpky o vlhkosti 63,2% resp. 19,74 prms štěpky o vlhkosti 32,5 %. Pro odvoz a následné vrácení vozu LIAZ na místo štěpkování je zapotřebí urazit vzdálenost 30 km, je tak spotřebováno 9 litrů nafty, dle

Rovnice 26⁵⁴

$$s_d = s \cdot d$$

(l)

Vztaženo k měrné jednotce **1 prms** štěpky o vlhkosti 32,5%, spotřebuje vůz LIAZ pro odvoz do skladu štěpky obecní výtopny a následné vrácení vozu na místo štěpkování 0,380 kg nafty, vypočteno dle

⁵⁰ s_{mj} - spotřeba paliva vztažená k měrné jednotce (kg).

⁵¹ Kontejner odváží 22 m³ štěpky o vlhkosti 63,2% resp. 19,74 m³ štěpky o vlhkosti 32,5%.

⁵² Je zapotřebí počítat i ze vzdáleností zpět z Hostětína na místo štěpkování, tzn. 30 km.

⁵³ Statistika Pila VÁGNER.

⁵⁴ s_d - spotřeba paliva na vzdálenost d (l), s - spotřeba paliva (l/100km), d - vzdálenost, kterou vozidlo urazí (km)

Rovnice 27

$$s_{mj} = \frac{s_d}{m_{\xi}} / 1,2$$

(kg)

Vztaženo k měrné jednotce **1 prms** štěpky o vlhkosti 32,5%, urazí vůz LIAZ pro odvoz do skladu štěpky obecní výtopny a následné vrácení vozu na místo urazí vůz vzdálenost 1,52 km, vypočteno dle

Rovnice 28⁵⁵

$$d_{mj} = \frac{d}{m_{\xi}} = \mathbf{1,52 \text{ km}}$$

Do procesu nejsou započítávány vstupy, jako je spotřeba olejů a dalších materiálů potřebných pro údržbu této techniky, jakož ani hluk, který je provozem vozidla způsoben.

Sladování a manipulace štěpkou ve skladu obecní výtopny v Hostětíně

Štěpka je následně po dobu několika měsíců skladována, než začne topná sezóna. Proces probíhá v zastřešeném skladu obecní výtopny (obrázek 17), kde postupně vysychá na průměrnou vlhkost okolo 30%. Pro topnou sezonu 2008/2009 činila tato průměrná vlhkost 32,5%.⁵⁶ Hmotnostní ztráta vody vysycháním je 60,1 kg dle

Rovnice 29⁵⁷

$$m_z = m_2 - m_1 \text{ (kg)}$$

⁵⁵ d_{mj} - vzdálenost vztažená k 1prms štěpky

⁵⁶ Chemické a biologické pochody budou v rámci studie vynechány.

⁵⁷ m_z - hmotnostní ztráta vody (kg), m_2 - hmotnost štěpky o vlhkosti 63,2% (kg), m_1 - hmotnost štěpky o vlhkosti 32,5% (kg).



Obrázek 17: Sklad štěpky obecní výtopny (foto: autor)

Manipulace štěpkou k zavažení na šnekový dopravník, kterým je štěpka dopravována do kotle, je ve skladu zajištěna strojem UNC 061 Detvan (obrázek 18) na dieslový pohon o výkonu 33 kW (73) a spotřebou paliva 5,5 litrů za motohodinu provozu. Navršený objem lopaty činí 0,5 prms (74). Průměrná doba práce stroje trvá denně 1 motohodinu (10). Každý den sledovaného období, 27. 11. 2008 – 18. 2. 2009, bylo v průměru spáleno 17,65 prms³ štěpky o vlhkosti 32,5%.

Vtáhneme – li spotřebu nafty potřebné k manipulaci k měrné jednotce **1 prms** štěpka o vlhkosti 32,5% je spotřeba stroje UNC 061 Detvan 0,260 kg, dle

Rovnice 30

$$s_{mj} = \frac{s_s \cdot t}{m_s} / 1,2$$

(kg)

Do procesu skladování a manipulace nejsou započítávány vstupy, jako je elektřina, spotřeba olejů a dalších materiálů potřebných pro údržbu této techniky, jakož ani hluk, který je provozem vozidla působen.



Obrázek 18: UNC 061 Detvan ve skladu odpadní štěpky obecní výtopny (foto: autor)

Energetické a materiálové vstupy a výstupy vztažené k 1 prms štěpky o vlhkosti 32,5%

Tabulka 21 inventarizuje energetické a materiálové vztažené k měrné jednotce 1 prms štěpky o vlhkosti 32,5%. Tabulka 22 a tabulka 23 vyjadřuje emise způsobené používáním nafty v rámci jednotlivých procesů popsanych v této kapitole, emisní faktory pro výpočet emisí jsou uvedeny v příloze 3.

Tabulka 21: Energetické a materiálové toky připadající na 1 prms štěpky o vlhkosti 32,5%

proces		výroba štěpky	doprava štěpky	skladování	manipulace	Σ
vstup	nafta (l)	0.339	0.380	X	0.26	0.83
	dřevo o vlhkosti	1.468	x	X	x	1.468
výstup	emise do ovzduší	viz tabulka 22 a tabulka 23				
	voda (m3)	x	x	0.601	x	0.601

Tabulka 22: Propočtené emise vztažené na 1 prms vyrobené štěpky o vlhkosti 32,5% (výstup)

proces	typ stroje (vozidla)	spotřeba paliva na 1prms štěpky (kg)	emise (g/kg paliva)						
			CO ₂	CH ₄	CO	NO _x	NMVOC	PM	PAH
výroba štěpky štěpkováním	STEYER + štěpkovač BOBR 7	0.339	1063.78	0.020	6.678	11.90	1.63	0.373	0.082
doprava	LIAZ	0.380	1192.44	0.023	7.486	13.34	1.82	0.418	0.092
manipulace	UNC 061	0.260	815.88	0.016	5.12	9.13	1.25	0.286	0.063

Tabulka 23: Propočtené emise těžkých kovů a perzistentních organických polutantů vztažené na 1 m³ vyrobené štěpky o vlhkosti 32,5% (výstup)

proces	typ stroje (vozidla)	spotřeba paliva na 1 prms štěpky	emise (µg/kg paliva)						
			kadmium	měď	chrom	nikl	selen	zinek	
výroba štěpky štěpkováním	STEYER + štěpkovač BOBR 7	0.339	0.00339	0.5763	0.01695	0.02373	0.00339	0.339	
doprava	LIAZ	0.380	0.00382	0.6494	0.0191	0.0267	0.00382	0.382	
manipulace	UNC 061	0.26	0.0026	0.442	0.013	0.0182	0.0026	0.26	
proces	typ stroje (vozidla)	spotřeba paliva na 1 prms štěpky	emise (µg/kg paliva)						
			Benzo(b) fluoranthene	Dibenzo(a,h) anthracene	benzo(a)pyrene	Chrysene	Fluoranthene	Phenanthrene	benzo(a) anthracene
výroba štěpky štěpkováním	STEYER + štěpkovač BOBR 7	0.339	16.95	3.39	10.17	67.8	152.55	847.5	27.12

proces	typ stroje (vozidla)	spotřeba paliva na 1 prms štěpky	emise	proces	typ	spot	emise	proce	typ
			Benzo(b) fluoranthene	Dibenzo(a,h) anthracene	Benzo(a)pyrene	Chrysene	Fluoranthene	Phenanthrene	Benzo(a) anthracene
doprava	LIAZ	0.380	19.1	3.82	11.46	76.4	171.9	955	30.56
manipulace	UNC 061	0.26	13	2.6	7.8	52	117	650	20.8

7.6.3 LCI procesů výroby 0,370 prms štěpky o vlhkosti 32,5%, její dopravy, skladování a manipulace štěpkou ve skladu k zajištění výroby

Tyto údaje jsou vztaženy k funkční jednotce **1 GJ** tepla vyrobeného spalováním štěpky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně Hostětín.

LCI zahrnuje data potřebná k vyhodnocení dvou vlivů:

- vliv spalování štěpky;
- vliv výroby a distribuce elektrické energie na životní prostředí⁵⁸.

Energetické a materiálové vstupy a výstupy tabulka 26.

Tabulka 24 24 inventarizuje energetické a materiálové vztažené k měrné jednotce 1 prms štěpky o vlhkosti 32,5%, emise do ovzduší inventarizuje tabulka 25 a tabulka 26.

Tabulka 24: Energetické a materiálové toky vztažené na 1 GJ tepla vyrobeného spalováním štěpky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně

proces		výroba štěpky štěpkováním	doprava štěpky	skladování štěpky	manipulace štěpkou	Σ
vstup	nafta (l)	0.125	0.141	x	0.096	0.829
	dřevo o vlhkosti 63,2% (prms)	0.547	x	x	x	0.547

⁵⁸ Pro výrobu a distribuci nafty byla použita data ESU-ETH databáze, s názvem Naphtha from refinery Europe.

proces		výroba štěpky štěpkováním	doprava štěpky	skladování štěpky	manipulace štěpkou	Σ
výstup	emise do ovzduší	viz tabulka 22 a tabulka 23				
	voda vypařená při sesychání (kg)	x	x	60,1	x	60,1

Tabulka 25: Propočtené emise vztažené na 1 GJ tepla vyrobeného spalováním štěpky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně (výstup)

proces	typ stroje (vozidla)	spotřeba paliva 1GJ tepla (kg)	emise (g/kg paliva)						
			CO ₂	CH ₄	CO	NO _x	NMVOC	PM	PAH
výroba štěpky štěpkováním	STEYER + štěpkovač BOBR 7	0.125	393.60	0.0075	2.4710	4.403	0.6021	0.1380	0.0304
doprava štěpky	LIAZ	0.141	441.20	0.0084	2.7698	4.935	0.6749	0.1547	0.0340
manipulace	UNC 061	0.096	301.87	0.0058	1.8951	3.377	0.4618	0.1058	0.0233

Tabulka 26: Propočtené emise těžkých kovů a perzistentních organických polutantů vztažené na 1 GJ tepla vyrobeného spalováním štěpky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně (výstup)

proces	typ stroje (vozidla)	spotřeba paliva 1GJ tepla (kg)	emise (µg/kg paliva)					
			kadmium	měď	chrom	nikl	selen	zinek
výroba štěpky štěpkováním	STEYER + štěpkovač BOBR 7	0.125	0.00125	0.21323	0.00627	0.00878	0.0012 5	0.1254 3
doprava štěpky	LIAZ	0.141	0.00138	0.23399	0.00688	0.00963	0.0013 8	0.1376 4
manipulace štěpkou ve skladu	UNC 061	0.096	0.00096	0.16354	0.00481	0.00673	0.0009 6	0.0962 0

proces	typ stroje (vozidla)	spotřeba paliva 1GJ tepla (kg)	emise (µg/kg paliva)						
			Benzo(b) fluoranthene	Dibenzo(a,h) anthracene	Benzo(a)pyrene	Chrysene	Fluoranthene	Phenanthrene	benz(a) anthracene
výroba štěpky štěpkováním	STEYER + štěpkovač BOBR 7	0.125	6.27	1.25	3.76	25.09	56.44	313.6	10.03
doprava	LIAZ	0.141	6.88	1.38	4.13	27.53	61.94	344.1	11.01
manipulace	UNC 061	0.096	13.00	0.96	2.89	52.00	43.29	240.5	7.70

LCI výroby štěpky, dopravy, skladování a manipulace štěpkou ve skladu propočtená na 1 GJ tepla vyrobeného spalováním štěpky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně je součástí celkové LCI s ohledem na možnosti software SimaPro 7.1.

7.6.4 LCI spalovacího procesu

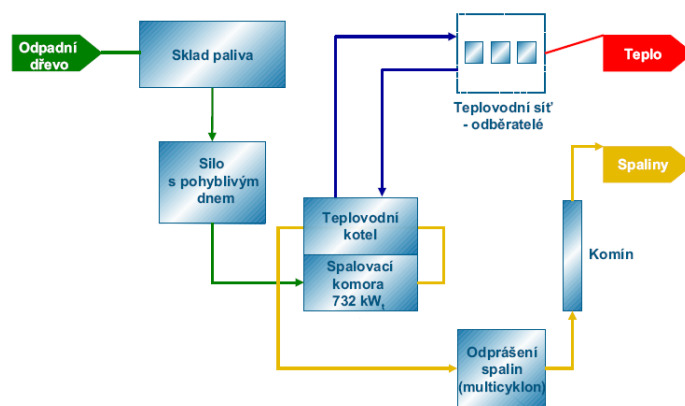
Vztaženo k 1 GJ vyrobeného tepla ze spalování štěpky o vlhkosti 32,5%. Ve sledovaném období byla efektivita spalování určena z podílu 1 GJ tepla vyrobeného spálením štěpky k výhřevnosti této štěpky. Efektivita činila 94%.

LCI zahrnuje data potřebná k vyhodnocení těchto dvou vlivů:

- vliv spalování štěpky na životní prostředí;
- vliv výroby a distribuce elektrické energie na životní prostředí.

Obrázek 19 znázorňuje materiálové toky v obecní výtopně vč. manipulace štěpkou. Jak je z tohoto schématu patrné, po navezení štěpky na šnekový dopravník je tato štěpka dodávána do spalovací komory teplovodního kotle KARA o výkonu 732 kW (obrázek 20). Ve spalovací komoře (obrázek 21) se nachází soustava nakloněných pohyblivých litinových roštů, které se pohybují horizontálně mezi pevnými rošty (obrázek 22 vlevo). Pohyb v jednotlivých krocích zajišťuje optimální rozdělení paliva a rozděluje proces hoření do různých fází. Spolu s patřičným dodáváním primárního a sekundárního vzduchu v každé části se docílí optimálního vyhoření. Robustní technika dovoluje užití i

nehomogenních paliv (zvládne jak piliny, tak i štěpky do velikosti 30 až 50 mm) a vlhkost paliva smí dosáhnout až 50 %. Horké spaliny s teplotou kolem 900 °C jsou vedeny do tříprůchodového kotle, přičemž zahřívají přicházející vodu z obecního potrubního rozvodu z 55 °C na 95 °C. Potrubní rozvod je uzavřený (10). Za kotlem je multicyklónová čističí soustava, která ze spalín odstraní prachové částice (obrázek 22 vpravo).



Obrázek 19: Schematické znázornění materiálových toků v obecní výtopně (75)

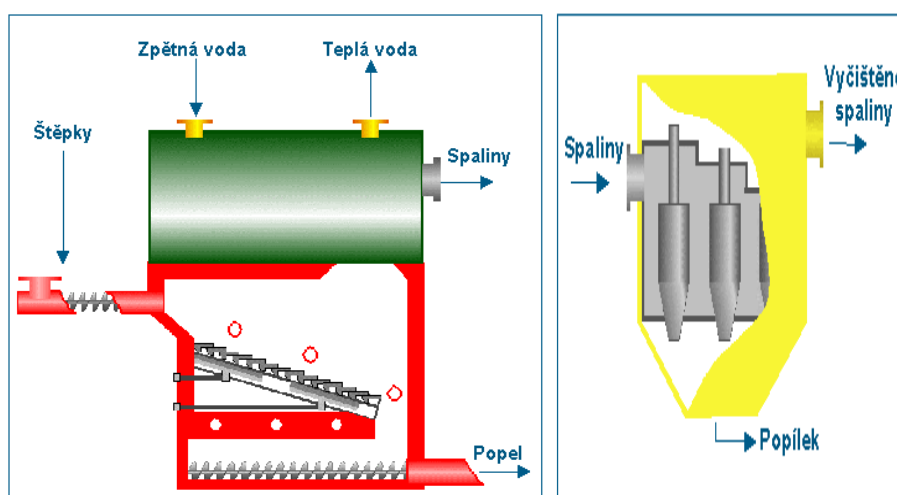
V rámci těchto procesů dochází ke spotřebě elektrické energie, vzniku emisí do ovzduší, jež jsou odváděny komínem, vzniku popele ve spalovací komoře a popílku, který je zachycen multicyklónou.



Obrázek 20: Pohled na šnekový dopravník štěpky (vlevo) a teplovodní kotel Kara (vpravo) (65)



Obrázek 21: Pohled do spalovací komory (vlevo) (foto: autor)



Obrázek 22: Spalovací komora s tříprůchodovým kotlem (vlevo) a multicyklónová čistící souprava (vpravo) (75)

Emise do ovzduší

Na základě stechiometrických výpočtů (příloha 4), jsou z dat uvedených v tabulce 19 stanovena objemová množství plynů, které spalováním 1 kg štěpky o vlhkosti 32,5% vznikají a následně jsou propočteny na 95,94 kg paliva (toto množství připadá na 0,37 prms štěpky resp. 1 GJ vyrobeného tepla). Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 27. Jelikož nebylo v době vzniku práce možno shromáždit data o teplotě spalin a obsahu kyslíku ve spalinách,⁵⁹ potřebné k výpočtu koncentrací plynů, došlo k výpočtu emisí z dat uvedených v protokolu z autorizovaného měření emisí (76). Původ a vlastnosti štěpky pokládám za stejné, jako vlastnosti stanovené v tabulce 19, vyjma vlhkosti, která činila 31%.

Tabulka 27: Objem spalin vzniklých v důsledku výroby 1 GJ tepla spalováním štěpky o vlhkosti 32,5%

	objem spalin vztažený k 1 kg štěpky o vlhkosti 32,5% (Nm ³ /kg)	objem spalin m ³ vztažený k 1 GJ tepla (Nm ³ /kg)
minimální objem kyslíku	3.00	287.54
minimální objem suchého vzduchu	14.27	1369.26
minimální objem vlhkého vzduchu	14.33	1375.13
minimální objem vodní páry	0.061	5.87
minimální objem spalin CO ₂	0.64	61.47
minimální objem SO ₂	0.00068	0.07
minimální objem Ar	0.13	12.60
minimální objem N ₂	11.14	1068.82
množství NO ₂ (kg)	0.0016	0.15
objem vodní páry ze spalování vodíku	5.10	489.29
objem vodní páry ze spalování paliva	5.16	495.17
minimální objem vlhkých spalin	17.07	1638.13

⁵⁹ Dlouhodobá porucha na vyhodnocovacím zařízení, teplota spalin kotlů s vysokoteplotním spádem se udává v rozmezí 180 °C – 200°C. (94)

Tabulka 28: Shrnutí výsledků z měření emisí (76)

	Hodnota emisního faktoru v (g/kg)
emisní faktor NO _x vyjádřený jako NO ₂	1.1
emisní faktor vyjádřený jako SO ₂	0.19
emisní faktor vyjádřený jako CO	0.31
emisní faktor vyjádřený jako TZL	0.53

Jelikož nebylo možné shromáždit data o VOC a vzhledem ke komplikovanějšímu zjišťování koncentrace jednotlivých sloučenin typu PAH, bylo přistoupeno k výpočtu těchto emisí jako ΣVOC dle doporučení v (77). Pro dřevo proto je uveden emisní faktor ΣVOC uvedený v (78) pro spalování dřeva 0,89 g/kg paliva.

Závěry studií (79), (80), (81) udávají procentuální zastoupení PM₁₀ podílem 96% v TZL. tento podíl je použit pro výpočet množství emisí PM₁₀.

Energetické a materiálové vstupy a výstupy

Tabulka 29: Energetické a materiálové toky spalovacího procesu, vztažené na 1 GJ tepla vyrobeného spalováním štěpky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně

proces		spalování štěpky
vstup	dřevní štěpky o vlhkosti 32,5% (m ³)	0.370
	elektrická energie (kWh)	7.546
výstup	popel a popílek (kg)	1.709
	odpadní teplo (GJ) ⁶⁰	0.02
	voda (kg) ⁶¹	3.12

⁶⁰ Počítáno jako rozdíl (celková výhřevnost štěpky potřebné k výrobě 1 GJ tepla – 1 GJ vyrobeného tepla).

⁶¹ Je počítána pouze vypařená voda z paliva, není počítáno množství vody, které vznikne spalováním H₂ obsaženém v palivu .

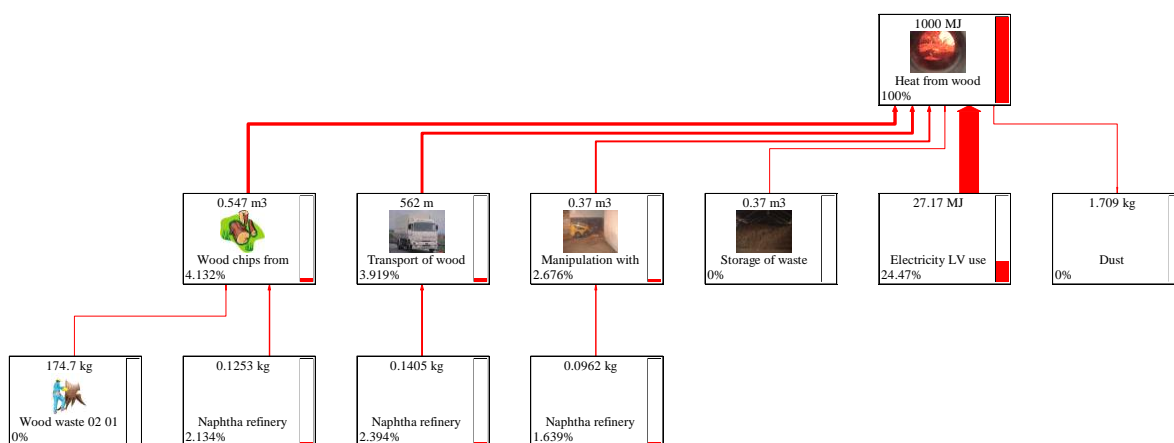
proces		spalování štěpky		
	emise NO _x (g)	105.53		
	emise SO ₂ (g)	18.23		
	emise CO (g)	29.74		
	emise TZL (g)	50.85	PM ₁₀	48.81
			TZL - PM ₁₀	2.04
	emise VOC	85.39		

7.6.5 Celková LCI výroby tepla ze spalování štěpky

Na základě hmotnostních a materiálových toků byla sestavena celková LCI výroby 1 GJ tepla ze spalování štěpky, která je součástí přílohy 5.

Výsledkem inventarizační analýzy je pak i grafické znázornění tzv. procesního stromu (obrázek 23).

Procesní strom dává grafický přehled o procesech, jež vedou k výrobě 1 GJ tepla spalováním štěpky v obecní výtopně. Jelikož je zvoleno znázorňování a hodnocení všech procesů větších než 1% podílu na celkovém environmentálním dopadu, jsou znázorněny jen tři úrovně procesů. Označení procesu Wood waste 02 07 01, kdy je podíl 0%, pak vyplývá z nastavení hranic systému, kdy bioodpad s katalogovým číslem 02 07 01 je vstupem, který nemá zmapovány environmentální dopady. Ty by měly být součástí hodnocení procesu, při kterém odpad vzniká, a nebyly součástí této studie. Označení procesu Dust, kdy podíl je 0%, je označení procesu nakládání s popelem. Celkový podíl procesu nakládání s popelem (transport a samotné skládkování) se jeví natolik nízký, že nebyl v rámci studie hodnocen, proto hranice systému končí v místě vzniku odpadu.



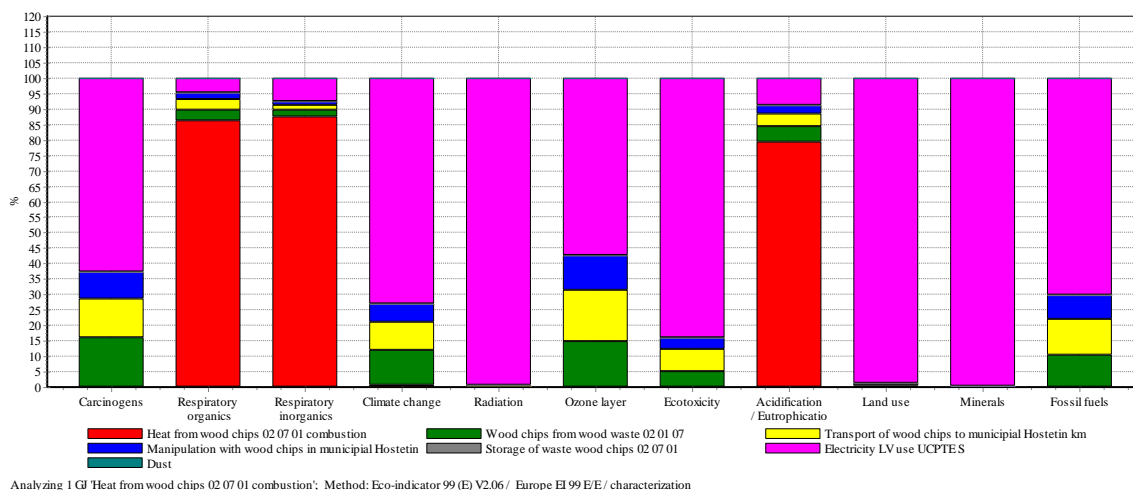
Obrázek 23: Procesní strom spalování štepky v obecní výtopně pro výrobu 1 GJ tepla

7.7 LCIA výroby tepla spalováním štepky metodou Eco-indicator 99

7.7.1 Environmentální profil

Hodnotí procentuální podíl jednotlivých procesů na environmentální dopady v jednotlivých kategoriích dopadů (tabulka 30), grafické zhodnocení environmentálního profilu nabízí graf 3. Rozšiřuje jej tabulka s vypočtenými hodnotami odpovídajícími jednotlivým kategoriím dopadů (příloha 6, tabulka 49)

Graf 3: Environmentální profil, vyjádření procentuálních podílů jednotlivých procesů na environmentálním dopadu v jednotlivých kategoriích, metoda Eco-indikátor 99 V 2.06



Tabulka 30: Environmentální profil, vyjádření procentuálních podílů jednotlivých procesů na environmentálním dopadu v jednotlivých kategoriích, metoda Eco-indicator

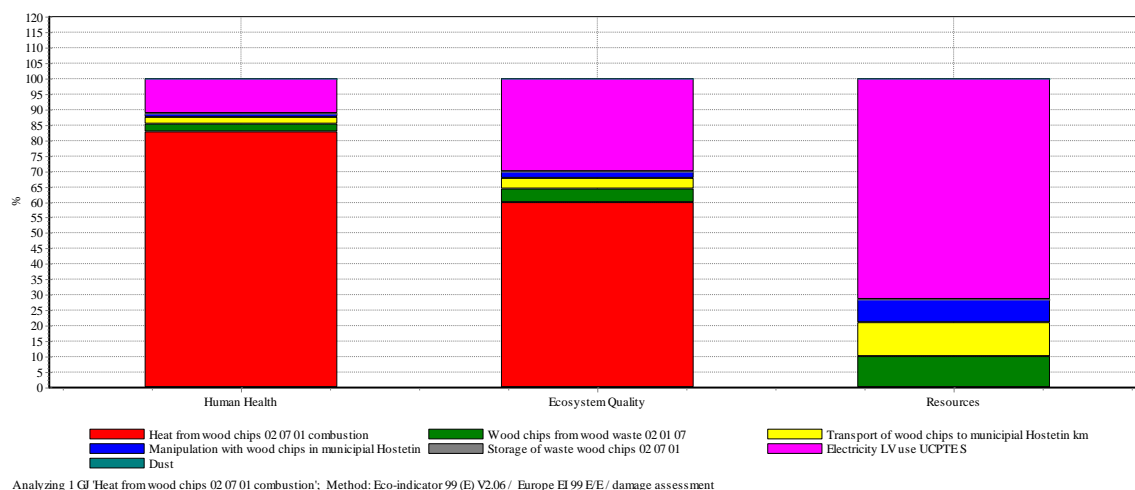
kategorie dopadu	Σ	výroba dřevní štěpky (%)	doprava dřevní štěpky (%)	skladování (%)	manipulace dřevní štěpkou (%)	elektrická energie (%)	spalování dřevní štěpky (%)	popel (%)	Σ
karcinogeny	100	0	16.0588	0	8.56207	12.5467	62.8323	0	100
organické látky způsobující respirační potíže	100	86.2761	3.33467	0	2.29979	3.35761	4.73179	0	100
anorganické látky způsobující respirační	100	87.4526	2.07974	0	1.13842	1.66207	7.66718	0	100
změna klimatu	100	0.73273	11.1264	0	6.18941	9.03927	72.9121	0	100
radiace	100	0	0.194544	0	0.149407	0.218208	99.4378	0	100
poškození ozonové	100	0	14.7772	0	11.3487	16.5747	57.2994	0	100
ekotoxicita	100	0	5.00553	0	3.84404	7.2757	83.8747	0	100
acidifikace a eutrofizace	100	79.3134	5.06445	0	2.70834	3.95395	8.95984	0	100
užívání půdy	100	0	0.435702	0	0.334612	0.488701	98.741	0	100
čerpání minerálů	100	0	0.133376	0	0.10243	0.1496	99.6146	0	100
čerpání fosilních paliva	100	0	10.3518	0	7.95005	11.6110	70.0871	0	100

7.7.2 Hodnocení způsobených škod

Hodnocení škod způsobených v jednotlivých kategoriích dopadů totožný s environmentálním profilem (kapitola 7.7.1), rozšiřuje jej tabulka s vypočtenými hodnotami odpovídající jednotlivým kategoriím dopadů (příloha 6, tabulka 50).

Graf 4 dává přehled o procentuálním podíl jednotlivých procesů na škodách způsobených v daných kategoriích. Rozšiřuje jej tabulka s vypočtenými hodnotami odpovídajícími jednotlivým kategoriím dopadů (příloha 6, tabulka 51).

Graf 4: Škody způsobené na lidském zdraví, kvalitě ekosystému a zdrojích, metoda Eco-indicator 99



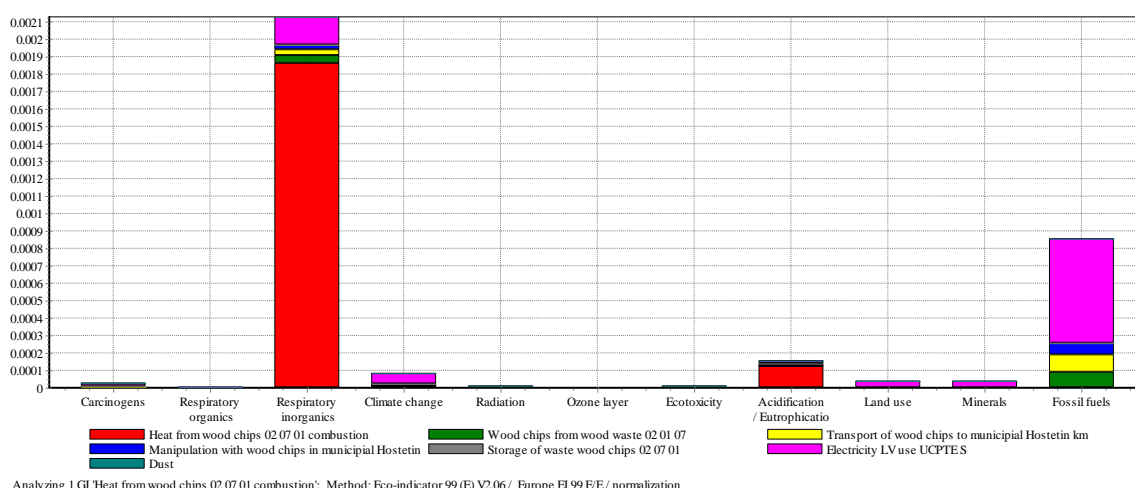
7.7.3 Normalizace

V této fázi LCIA jsou všechna shromážděná data převedena na stejnou jednotku dané kategorie, tzv. ekvivalent. Tato procedura umožňuje porovnávání jednotlivých kategorií dopadů mezi sebou. Díky tomuto kroku můžeme zhodnotit, na kterou kategorii dopadu má proces spalování štěpky pro výrobu 1 GJ tepla větší vliv.

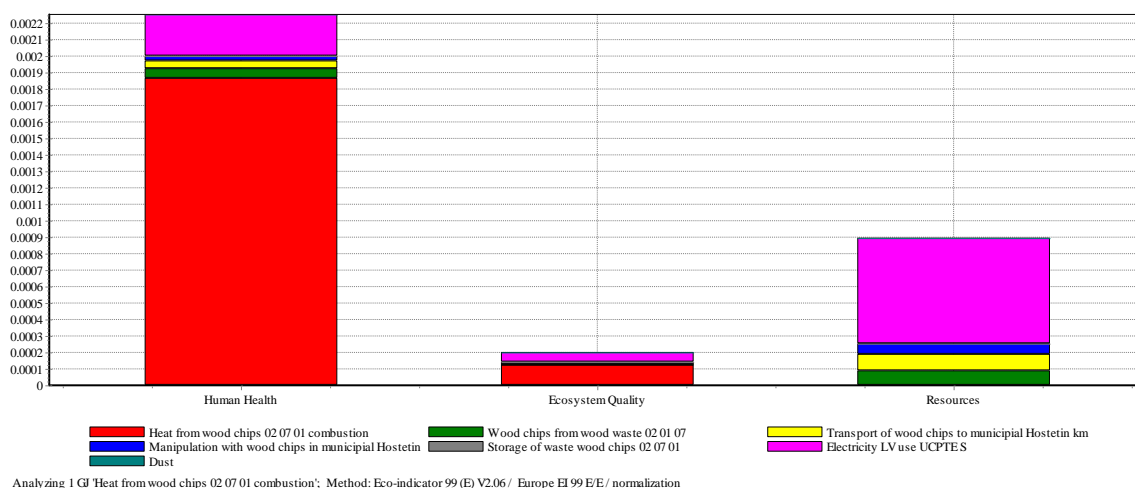
Hodnocení normalizace v grafické podobě je pro kategorie dopadů na grafu 5. Toto grafické hodnocení vychází z dat v tabulce 52 (příloha 6).

Hodnocení normalizace v grafické podobě je pro skupiny dopadů na grafu 6. Toto grafické hodnocení vychází z dat v tabulce 53 (příloha 6).

Graf 5: Normalizace v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99



Graf 6: Normalizace v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99



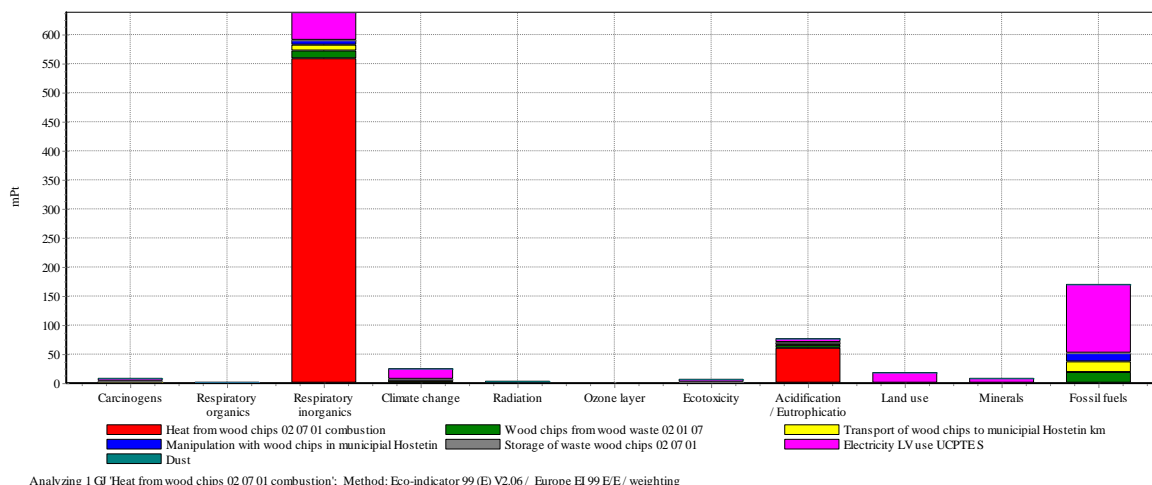
7.7.1 Vážení

Jednotlivým kategoriím dopadů a skupinám je udána váha pomocí váhových faktorů tak, aby mohly být porovnatelné mezi sebou.

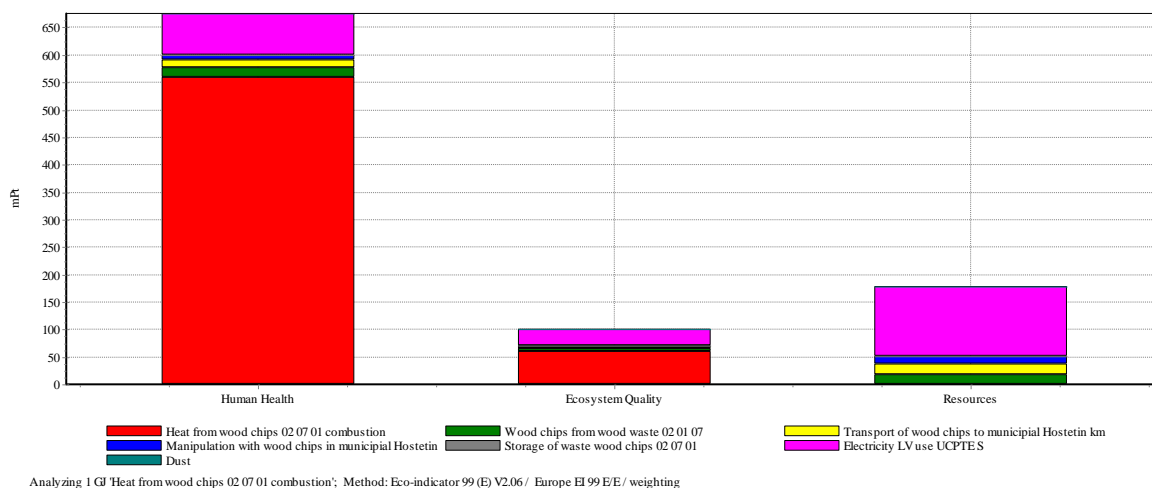
Hodnocení vážení v grafické podobě je pro kategorie dopadů na grafu 7, hodnocení vychází z dat v tabulce 54 (příloha 6).

Hodnocení vážení v grafické podobě je pro skupiny dopadů na grafu 8 ,toto grafické hodnocení vychází z dat v tabulce 55 (příloha 6).

Graf 7: Vážení v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99



Graf 8: Vážení v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99



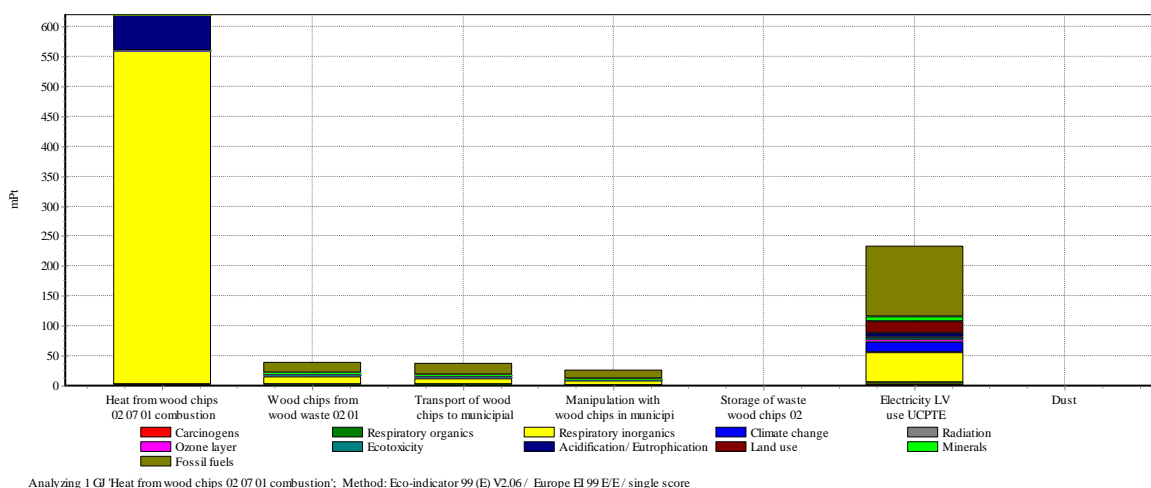
7.7.2 Dílčí závěr LCIA výroby tepla ze spalování štěrky metodou Eco – indikátor 99, verze 2.06

Celkové výsledky LCIA dávají přehled o environmentálním dopadu výroby 1 GJ tepla spalováním štěrky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně.

Graf 9 znázorňuje data z tabulky 31, tedy dopady procesů v jednotlivých kategoriích dopadů, Graf 10 znázorňuje data z tabulky 33, propočtené ke všem vstupům, jejichž množství překročilo 1% v daném procesu, a výstupům.

Tabulka 34 uvádí procentuální podíl jednotlivých procesů v jednotlivých kategoriích dopadů. Tabulka 35 uvádí celkový procentuální podíl jednotlivých procesů v jednotlivých kategoriích dopadů.

Graf 9: Výsledky LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99



Tabulka 31: Výsledky LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99

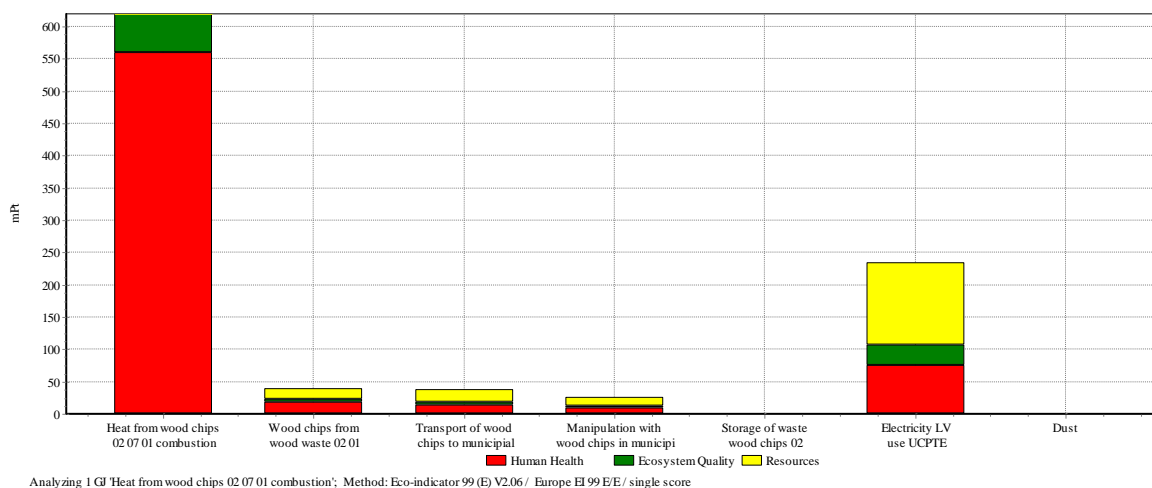
kategorie dopadu	jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Σ	Pt	0.955254	0.619413	0.039428	0.037396	0.025532	0	0.233485	0
karcinogeny	Pt	0.008463	0	0.001359	0.001062	0.000725	0	0.005317	0

kategorie dopadu	jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
organické látky způsobující respirační potíže	Pt	0.001241	0.001071	4.14E-05	4.17E-05	2.85E-05	0	5.87E-05	0
anorganické látky způsobující respirační potíže	Pt	0.637516	0.557525	0.013259	0.010596	0.007258	0	0.04888	0
změna	Pt	0.025367	0.000186	0.002822	0.002293	0.00157	0	0.018496	0
radiace	Pt	0.002828	0	5.50E-06	6.17E-06	4.22E-06	0	0.002812	0
poškození ozonové vrstvy	Pt	9.43E-05	0	1.39E-05	1.56E-05	1.07E-05	0	5.40E-05	0
ekotoxicita	Pt	0.006499	0	0.000325	0.000473	0.00025	0	0.005451	0
acidifikace a eutrofizace	Pt	0.076447	0.060632	0.003872	0.003023	0.00207	0	0.006849	0
užívání půdy	Pt	0.018293	0	7.97E-05	8.94E-05	6.12E-05	0	0.018063	0
čerpání minerálů	Pt	0.00811	0	1.08E-05	1.21E-05	8.31E-06	0	0.008079	0
čerpání fosilních paliv	Pt	0.170396	0	0.017639	0.019785	0.013547	0	0.119425	0

Tabulka 32: Výsledky LCIA přepočtené na procentuální podíl v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indikátor 99

kategorie dopadu	jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Σ	%	100	64.8428	4.12744	3.91477	2.6728	0	24.4422	0
karcinogeny	%	100	0	16.0588	12.5467	8.56207	0	62.8323	0
organické látky způsobující respirační potíže	%	100	86.2746	3.33527	3.35831	2.3001	0	4.7317	0
anorganické látky způsobující respirační potíže	%	100	87.4526	2.07974	1.66207	1.13842	0	7.66718	0
změna	%	100	0.732736	11.1264	9.03927	6.18941	0	72.9121	0
radiace	%	100	0	0.194544	0.218208	0.149407	0	99.4378	0
poškození ozonové vrstvy	%	100	0	14.7772	16.5747	11.3487	0	57.2994	0
ekotoxická	%	100	0	5.00553	7.2757	3.84404	0	83.8747	0
acidifikace a eutrofizace	%	100	79.3134	5.06445	3.95395	2.70834	0	8.95984	0
užívání půdy	%	100	0	0.435702	0.488701	0.334612	0	98.741	0
čerpání minerálů	%	100	0	0.133376	0.1496	0.10243	0	99.6146	0
čerpání fosilních paliv	%	100	0	10.3518	11.611	7.95005	0	70.0871	0

Graf 10: Výsledky LCIA v skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99



Tabulka 33: Výsledky LCIA v skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99

kategorie dopadu	Jednotka	Σ	spalování štěpk	výroba štěpk	doprava štěpk	manipulace štěpkou	skladová-í štěpk	elektrická energie	popel
Σ	Pt	0.955254	0.619413	0.039428	0.037396	0.025532	0	0.233485	0
lidské zdraví	Pt	0.675509	0.558781	0.017501	0.014014	0.009596	0	0.075617	0
kvalita ekosystému	Pt	0.101239	0.060632	0.004277	0.003585	0.002381	0	0.030364	0
zdroje	Pt	0.178506	0	0.01765	0.019797	0.013555	0	0.127504	0

Tabulka 34: Výsledky LCIA přepočtené na procentuální podíl v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99

kategorie dopadu	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Σ	%	100	64.8428	4.12743	3.91477	2.6728	0	24.4422	0
lidské zdraví	%	100	82.72	2.59078	2.07462	1.42052	0	11.1941	0
kvalita ekosystému	%	100	59.8904	4.22428	3.54104	2.35233	0	29.9919	0
zdroje	%	100	0	9.88758	11.0903	7.59351	0	71.4286	0

Tabulka 35: Celkové výsledky LCIA přepočtené na procentuální podíl v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indikátor 99

kategorie dopadu	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Σ	%	100	64.8428	4.12743	3.91477	2.6728	0	24.4422	0
lidské zdraví	%	70.7151	58.4956	1.83207	1.46707	1.00452	0	7.91592	0
kvalita ekosystému	%	10.5981	6.34725	0.447693	0.375283	0.249302	0	3.17858	0
zdroje	%	18.6867	0	1.84767	2.07242	1.41898	0	13.3477	0

Z uvedených výsledků vyplývá, že samotný proces spalování štěpky pro výrobu tepla v obecní výtopně v Hostětíně má největší dopad na životní prostředí, tvoří 64,84% dopadu všech procesů. Tento vliv je tvořen zejména třemi kategoriemi dopadů. První kategorií dopadu je vznik anorganických sloučenin poškozující lidské zdraví (87,45% v porovnání s ostatními procesy). Druhou kategorií je vznik organických látek způsobujících respirační potíže (87,27% v porovnání s ostatními procesy). Třetím dopadem je acidifikace a eutrofizace (79,31%)

Výroba a distribuce elektrické energie se celkově podílí na environmentálním dopadu ve všech kategoriích 24,44%. V kategoriích dopadů je významná z pohledu čerpání fosilních paliv (12,50%), vzniku anorganických látek způsobujících respirační potíže (5,17%), změny klimatu (1,94%), užívání půdy (1,89%). Celkově s je významná ve všech ostatních hodnocených kategoriích dopadů, výjma těch, které jsou významné u procesu spalování štěpky. Procentuální podíl ve všech kategoriích je větší než 70%, často se blíží 99% ze všech procesů. Ty se podílí méně, než 5%. Jsou u nich významné kategorie dopadů čerpání fosilních paliv, vznik anorganických látek způsobujících respirační potíže a užívání půdy.

Z hlediska hodnocení ve skupinách dopadů má pak samotné spalování štěpky, z celkového dopadu 64,84 %, největší dopad na lidské zdraví (82,72%) a na kvalitu ekosystému (59,89%). Elektrická energie s celkovým dopadem 24,44% se na dopadu na lidském zdraví podílí 11,19%, na kvalitě ekosystému 29,99% a na čerpání zdrojů 71,42%.

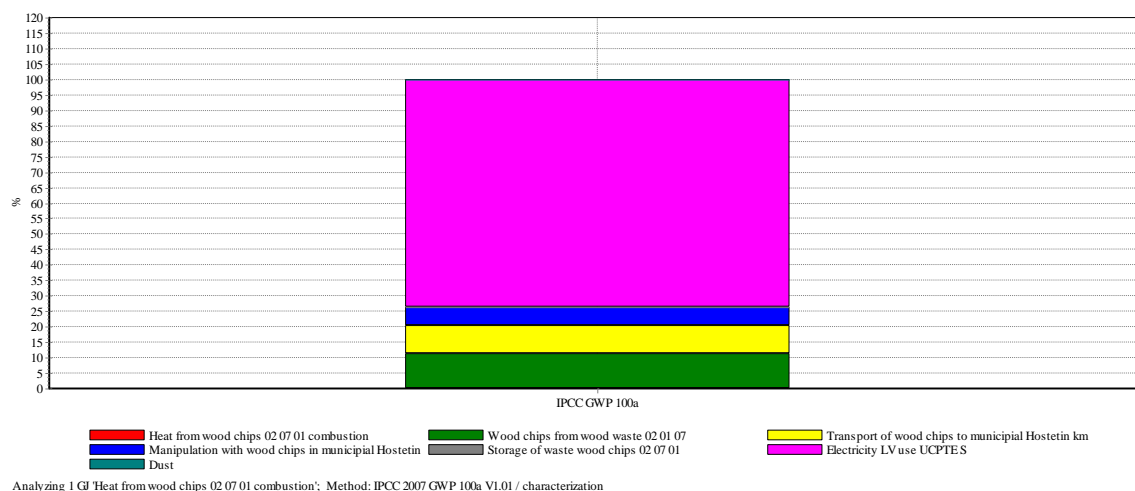
Celkově lze tedy konstatovat, že teplo vyrobené spalováním štěpky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně v Hostětíně, má největší podíl dopad na lidské zdraví (70,68%), následně na čerpání zdrojů (18,71%) a až poté na kvalitu ekosystému (10,61%).

7.8 LCIA výroby tepla spalováním štěpky metodou GPW

Tato kapitola zhodnocuje vliv výroby tepla spalováním štěpky v obecní výtopně Hostětín na globálním oteplování metodou GPW. Jak již bylo popsáno v kapitole 3.2.2, je tato metoda sestavena pro účely hodnocení vlivů na globální oteplování, které procesy, nebo výrobky, způsobují. Je sestavena pro výhled 100 let.

Grafické zhodnocení graf 11, numerické zhodnocení tabulka 36.

Graf 11: Výsledky hodnocení vlivů na globální oteplování způsobené výrobou tepla spalováním štěpky v obecní výtopně, metoda GPW 100



Tabulka 36: Výsledky hodnocení vlivů na globální oteplování způsobené výrobou tepla spalováním štěpky v obecní výtopně, metoda GPW 100

kategorie dopadu	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
GPW 100	kg	6.20	0	0.69	0.56	0.39	0	4.57	0
GPW 100	%	100	0	11.14	9.07	6.21	0	73.58	0

7.8.1 Dílčí závěr LCIA výroby tepla ze spalování štěpky metodou GPW

Hodnocení vlivu výroby tepla spalováním štěpky v obecní výtopně na globální oteplování metodou GPW v průběhu 100 let ukázalo, že největší podíl na globálním oteplování má proces výroba elektrické a distribuce elektrické energie (73,58%). Další podíly jsou pak rozděleny mezi procesy výroby štěpky (11,14%), dopravy štěpky (9,07%) a manipulace štěpkou (6,21%). Samotný proces spalování se na globálním oteplování nepodílí, jelikož CO₂, který při spalování vzniká je biogenního původu a tento model s ním tedy počítá jako s nulovým.

V příloze 7 uvádí tabulka 56 a tabulka 57 přehled všech sloučenin, jejichž množství v jednotlivých procesech bylo větší než 1% a byla do LCIA započítávána s ohledem na zvolenou metodu.

7.9 Analýza citlivosti

Pro naplnění souladu s normou 4SN EN ISO 14 040 je nutno v rámci LCA provést analýzu citlivosti dat na změnu vstupních parametrů.

7.9.1 Analýzy citlivosti LCA vyhodnocenou metodou Eco-indicator

Vstupní parametr pro analýzu citlivosti dat hodnocených metodou Eco-indicator je změna dopravní vzdálenosti pro transport štěpky do skladu zvětšením vzdálenosti o 50 resp. 100% (tabulka 37) a změna zvašení spotřeby elektrické energie, zvětšením o 25 a 50% (tabulka 38). Parametr dopravní vzdálenosti je volen z toho důvodu, že dopravní vzdálenost pro transport dřevní štěpky se mění. Spotřeba elektrické energie byla volena s ohledem na její významný podíl na celkovém environmentálním dopadu.

Tabulka 37: Analýza citlivosti pro změnu vzdálenosti zvětšením o 50 resp. 100%

skupina dopadu	jednotka	vzdálenost	vzdálenost + 50%	citlivost (%)	Vzdálenost + 100%	citlivost (%)
Σ	Pt	0.955	0.974	2%	0.993	2%
lidské zdraví	Pt	0.676	0.683	1%	0.690	2.1%
kvalita	Pt	0.101	0.103	2%	0.105	4%
zdroje	Pt	0.178	0.188	5.6%	0.198	11.2%

Tabulka 38: Analýza citlivosti pro změnu spotřeby elektrické energie zvětšením o 25 resp. 50%

skupina dopadu	jednotka	spotřeba elektrické energie	spotřeba elektrické energie + 25%	citlivost (%)	spotřeba elektrické energie + 50%	citlivost (%)
Σ	Pt	0.955	1.014	6	1.072	12
lidské zdraví	Pt	0.676	0.694	2.6	0.713	2.7
kvalita	Pt	0.101	0.109	7.9	0.116	14.8
zdroje	Pt	0.179	0.210	17.3	0.242	35.2

Na základě provedení analýzy citlivosti je konstatováno, že citlivost dat na změnu dopravní vzdálenosti pro transport štěpky do skladu obecní výtopny je 2%. Na zvětšení dopravní vzdálenosti o 50% a při zvětšení dopravní vzdálenosti o 100% je citlivost dat 2%. Citlivost dat na změnu zvýšení spotřeby elektrické energie o 25% je 6%, a na změnu zvýšení spotřeby elektrické energie o 50% je citlivost dat 12%.

7.9.2 Analýzy citlivosti LCA vyhodnocenou metodou GPW

Analýza citlivosti globálního dopadu výroby tepla spalováním štěpky v obecní výtopně byla sestavena pro změnu daného dopadu v časovém horizontu 20, 100 a 500 let, podle metodik hodnocení GPW, stejně jako v (18) (tabulka 39)

Tabulka 39: Analýza citlivosti metodou GPW

kategorie dopadu	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel	citlivost
GWP 20	kg CO ₂ ekvivalen	6.6658	0	0.71	0.59	0.41	0	4.94	0	0.6%
GPW 100	kg CO ₂ ekvivalen	6.2086	0	0.69	0.56	0.39	0	4.57	0	0%
GWP 500	kg CO ₂ ekvivalen	6.0111	0	0.68	0.55	0.38	0	4.40	0	1.01%

Celková citlivost změny údajů je pro GPW 20 0,6%, pro GPW 500 1,01%.

7.10 Verifikace výsledků

Jelikož je pracováno s jedinečnými daty, která jsou z velké části získávána na základě postupů norem a legislativy, dá se konstatovat, že jde o data přesná, kvality velmi dobré a dobré.

Samotný proces výroby tepla spalováním štěpky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně Hostětín je procesem jedinečným, tudíž v reálu velmi těžko porovnatelným. Je možno srovnat získané výsledky se závěry různých LCA studiích výroby tepla spalováním dřeva, jedná se však o přibližná porovnání.

8 Srovnávací analýza

Proto, aby se ukázalo, že výroba tepla spalováním štěpky v obecní výtopně má v porovnání s jinými způsoby výroby tepla nízký dopad na životní prostředí, byly zvoleny pro srovnávací analýzu dvě další výroby tepla. Jednou z možností jak se zásobit teplem, kterou obyvatelé Hostětína dříve využívali, bylo spalování uhlí. Druhou možností, v obci Hostětín nerealizovatelnou, je výroba tepla ze spalování zemního plynu.

Funkční jednotka pro srovnávací analýzu je opět 1 GJ vyrobeného tepla

Možnost srovnávací analýzy je součástí software SimaPro 7.1

Proto ve srovnávací analýze jsou hodnoceny tyto tři možné výroby tepla, tedy:

- spalování štěpky;
- spalování uhlí;
- spalování zemního plynu.

Pro spalování štěpky jsou ve srovnávací analýze použita data z kapitoly 7, pro spalování uhlí a zemního plynu jsou využita data z databáze Buwal 250⁶², jež je součástí software SimaPro 7.1.

Všechny procesy začínají čerpáním surovin, u dřevní štěpky je za čerpání považován surovin vznik bioodpadu (viz kapitola 7).

Tabulka s LCI srovnávaných procesů a výsledná tabulka hodnocených látek je součástí přílohy 8.

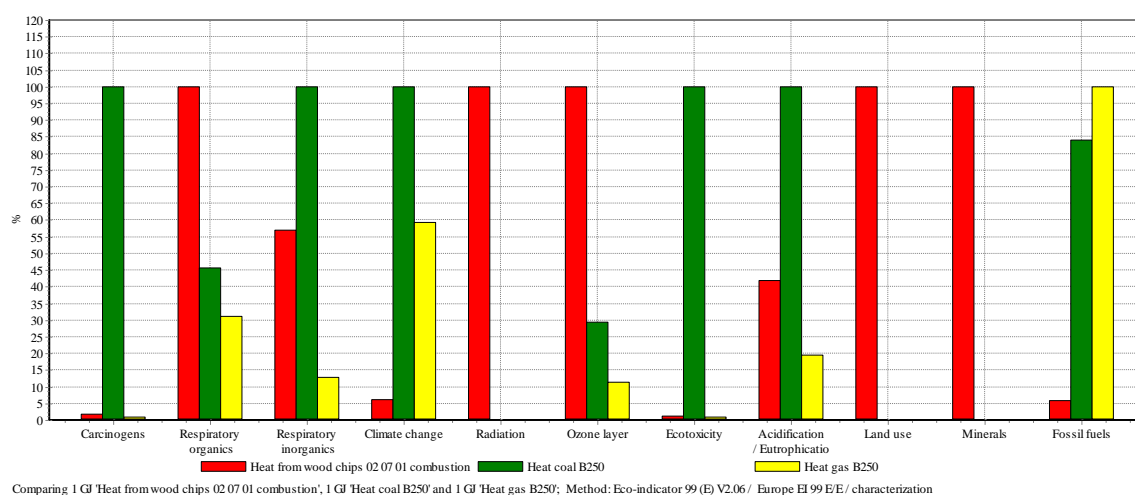
⁶² Specifikace obou LCA jsou součástí software SimaPro, zahrnují detailní data pro výrobu tepla získaného spláčením uhlí, včetně získávání primárních energií a jejich dopravy. Není zahrnuta infrastruktura energetického systému. Počítají s dokonalým spálením surovin. Obě studie mají vysokou hodnotu dat.

8.1 Srovnávací analýza, metoda Eco-indicator 99

8.1.1 Environmentální profil

Hodnotí příspěvek jednotlivých procesů na environmentální dopady v jednotlivých kategoriích dopadů, grafické zhodnocení environmentálního profilu nabízí graf 12. Rozšiřuje jej tabulka s vypočtenými hodnotami odpovídající jednotlivým kategoriím dopadů (tabulka 40).

Graf 12: Srovnání environmentálních profilů výroby tepla spalováním štěpky, uhlí a zemního plynu



Tabulka 40: Srovnání environmentálních profilů výroby tepla spalováním štěpky, uhlí a zemního plynu

kategorie dopadu	jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí Buwal 250	spalování zemního plynu Buwal 250
karcinogeny	DALY	4.36E-07	2.69E-05	2.08E-07
organické látky způsobující respirační potíže	DALY	6.39E-08	2.91E-08	1.98E-08
anorganické látky způsobující respirační potíže	DALY	3.28E-05	5.76E-05	7.29E-06
změna klimatu	DALY	1.31E-06	2.15E-05	1.27E-05
radiace	DALY	1.46E-07	0	0

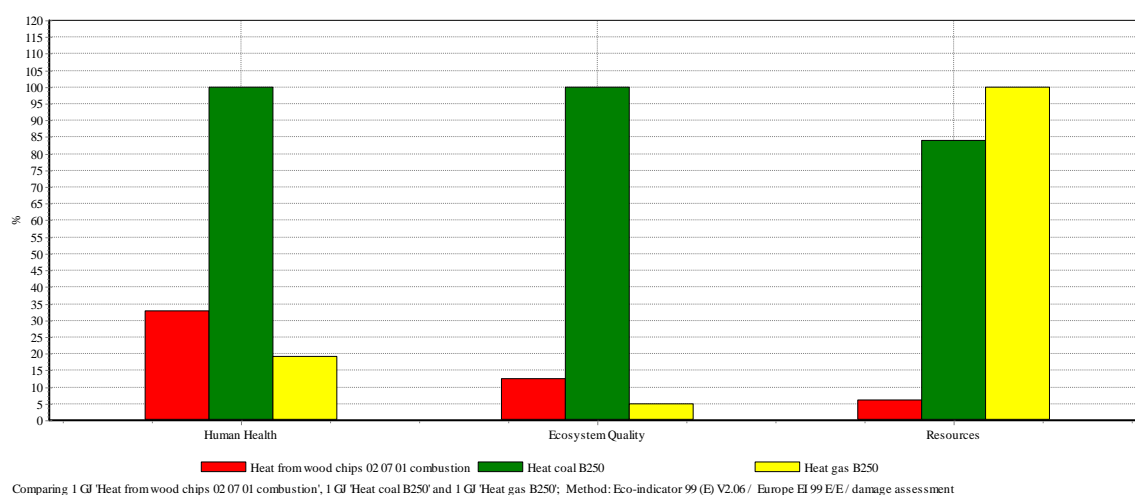
kategorie dopadu	jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí Buwal 250	spalování zemního plynu Buwal 250
poškození ozonové vrstvy	DALY	4.86E-09	1.43E-09	5.45E-10
ekotoxicita	PAF*m2yr	0.666556	63.843	0.527229
acidifikace a eutrofizace	PDF*m2yr	0.784067	1.87876	0.366041
užívání půdy	PDF*m2yr	0.187624	0	0
čerpání minerálů	MJ surplus	0.24137	0	0
čerpání fosilních paliv	MJ surplus	5.0713	74.3539	88.5735

8.1.2 Hodnocení škod

Hodnocení způsobených škod v jednotlivých kategoriích dopadů totožný s environmentálním profilem (kapitola 8.1.1)

Tato fáze hodnotí příspěvek jednotlivých procesů na environmentální dopady ve skupinách kategorií dopadů, grafické zhodnocení environmentálního profilu nabízí graf 13. Rozšiřuje jej tabulka 58 s vypočtenými hodnotami odpovídající skupinám kategorií dopadů (příloha 9)

Graf 13: Hodnocení škod srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99

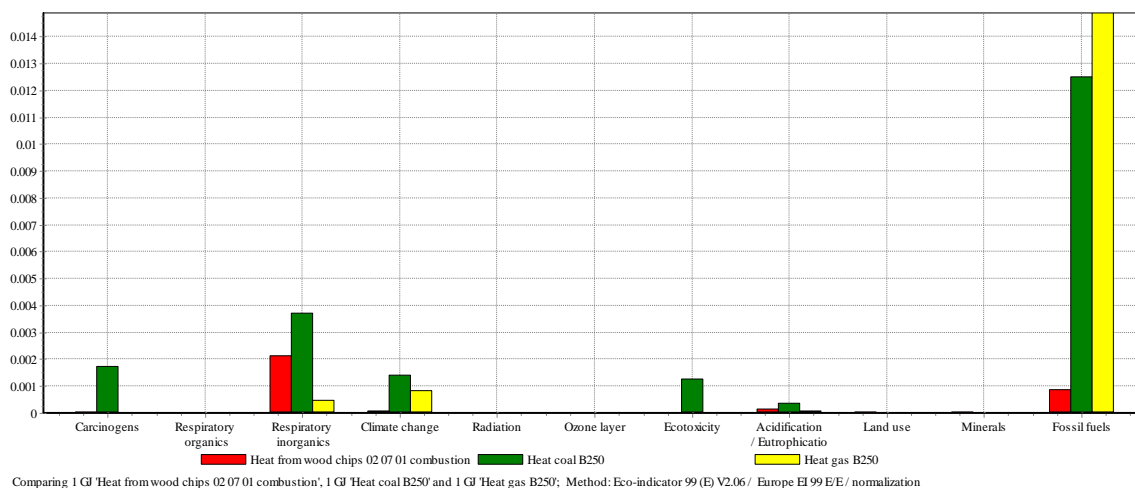


8.1.3 Normalizace

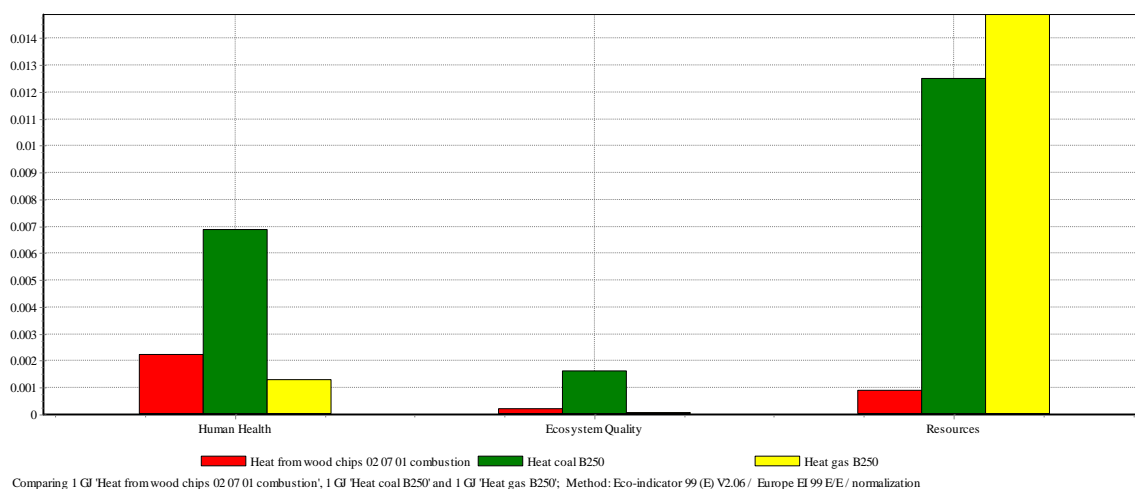
Hodnocení normalizace v grafické podobě je pro kategorie dopadů na grafu 14. Toto grafické hodnocení vychází z dat z tabulky 59 (příloha 9)

Hodnocení normalizace v grafické podobě je pro skupiny dopadů na grafu 15. Toto grafické hodnocení vychází z dat z tabulky 60 (příloha 9)

Graf 14: Normalizace srovnávací LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99



Graf 15: Normalizace srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99

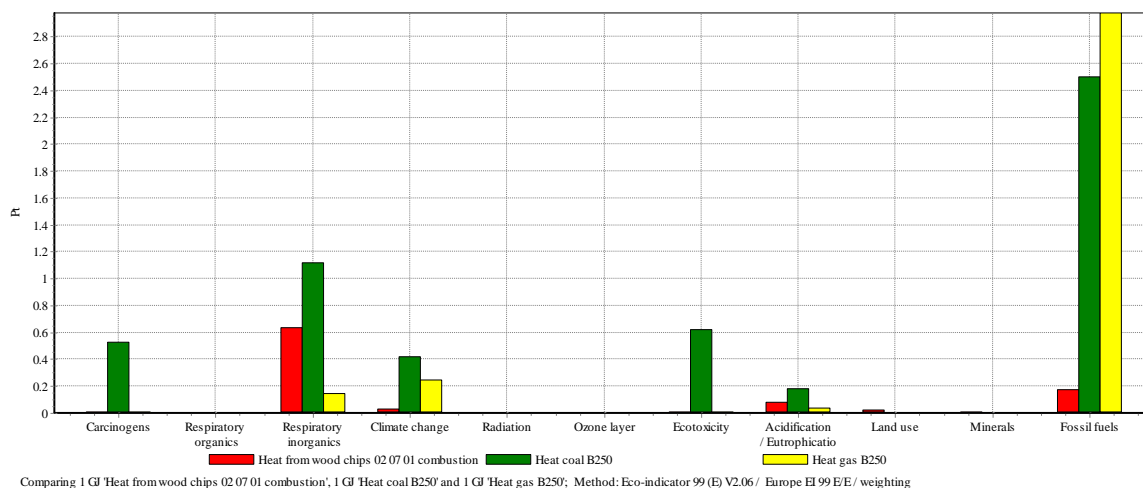


8.1.4 Vážení

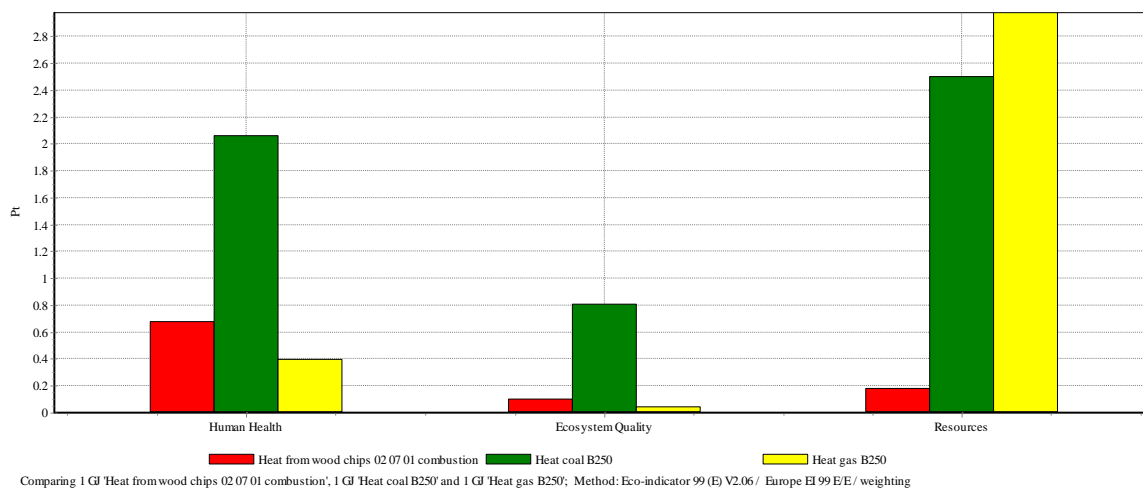
Hodnocení vážení v grafické podobě je pro kategorie dopadů na grafu 16, toto grafické hodnocení vychází z dat tabulky 61 (příloha 9).

Hodnocení vážení v grafické podobě je pro skupiny dopadů na grafu 17, toto grafické hodnocení vychází z dat tabulky 62 (příloha 9).

Graf 16: Vážení srovnávací LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99



Graf 17: Vážení srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99



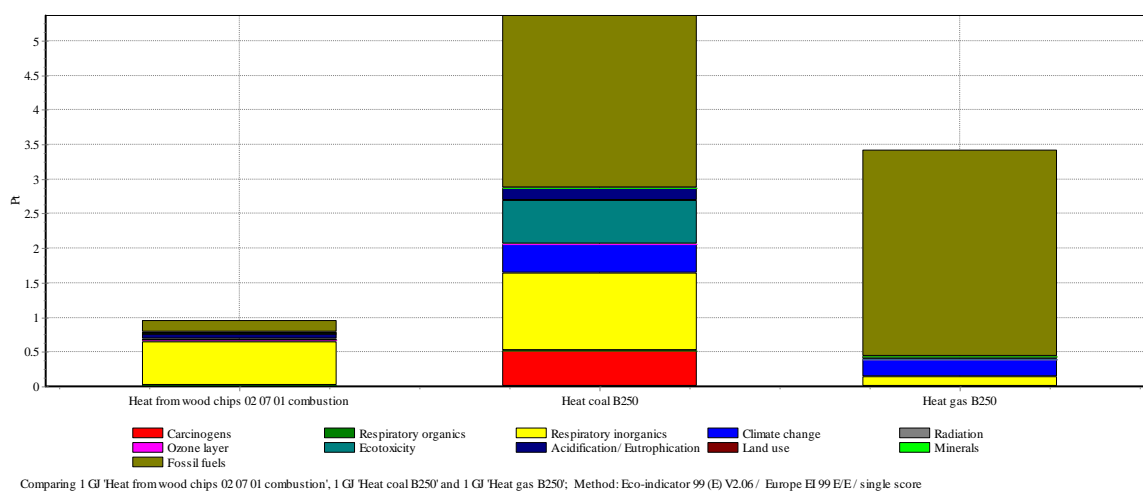
8.1.5 Dílčí závěr

Celkové výsledky srovnávací analýzy dávají přehled o environmentálních dopadech výroby tepla porovnáním tří procesů. Těmito procesy jsou spalování štěpky, spalování uhlí a spalování zemního plynu.

Graf 18 znázorňuje data z tabulky 41, tedy srovnání dopadů procesů v jednotlivých kategoriích dopadů.

Graf 19 znázorňuje data z tabulky 43, tedy srovnání dopadů procesů v jednotlivých skupinách dopadů.

Graf 18: Výsledky srovnávací LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99

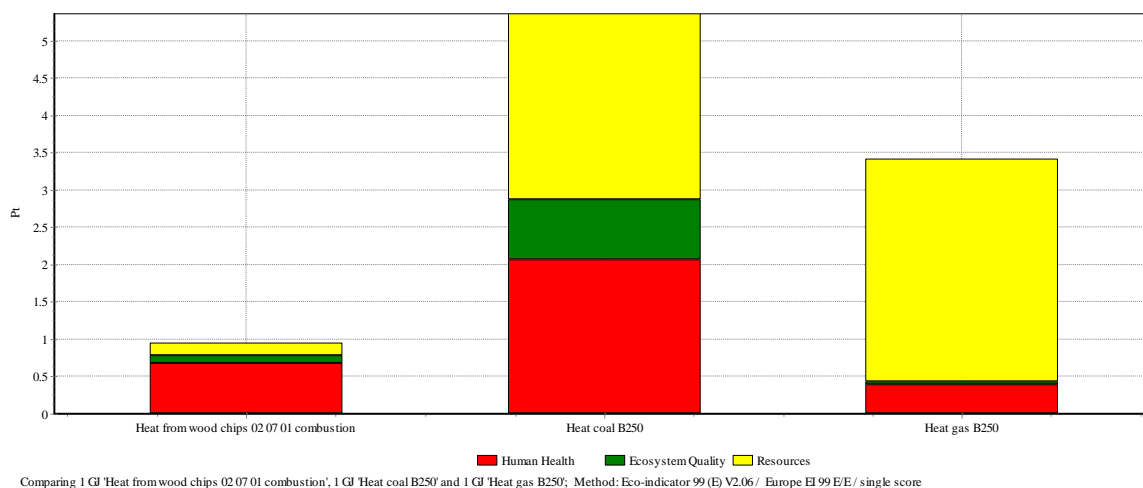


Tabulka 41: Výsledky srovnávací LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99

kategorie dopadu	jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí Buwal 250	spalování zemního plynu Buwal 250
Σ	Pt	0.954288	5.36319	3.40977
karcinogeny	Pt	0.008463	0.522845	0.00403
organické látky způsobující respirační potíže	Pt	0.001242	0.000565	0.000385

kategorie dopadu	jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí Buwal 250	spalování zemního plynu Buwal 250
anorganické látky způsobující respirační potíže	Pt	0.637612	1.11862	0.141561
změna klimatu	Pt	0.025367	0.417198	0.246888
radiace	Pt	0.002828	0	0
poškození ozonové	Pt	9.43E-05	2.77E-05	1.06E-05
ekotoxicita	Pt	0.006499	0.622469	0.00514
acidifikace a eutrofizace	Pt	0.076456	0.183179	0.035689
užívání půdy	Pt	0.018293	0	0
čerpání minerálů	Pt	0.00811	0	0
čerpání fosilních paliv	Pt	0.1704	2.498	2.947

Graf 19: Výsledky srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99



Tabulka 42: Výsledky srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99

kategorie dopadu	jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí Buwal250	spalování zemního plynu Buwal250
		0.954288	5.36319	3.40977
lidské zdraví	Pt	0.674534	2.05925	0.392874
kvalita ekosystému	Pt	0.101248	0.805649	0.04083
zdroje	Pt	0.178506	2.49829	2.97607

Z výsledků hodnocení dopadů na životní prostředí v kategoriích dopadů, ze srovnání spalování štěpky, uhlí a zemního plynu je patrné, že jen větší environmentální dopad mají spalování zemního plynu, pak spalování uhlí v kategorii čerpání fosilních paliv. Na tuto kategorii má celková výroba tepla spalováním štěpky minimální vliv. Druhou závažnou kategorií dopadů je vznik anorganických látek způsobujících respirační potíže, spalování uhlí a spalování štěpky se podílí, ve srovnání se spalováním zemního plynu na této kategorii nejvíce. Celkově má výroba tepla spalováním uhlí, skoro ve všech kategoriích, největší environmentální dopad. Naproti tomu výroba tepla spalováním štěpky má nejmenší dopad na životní prostředí, výjma kategorií vzniku organických látek způsobujících respirační potíže. U kategorií radiace, čerpání minerálů a užívání půdy se výsledky blíží 0 Pt, ostatní výroby mají 0, je tedy otázkou, zda tato kategorie, byla v rámci jejich LCA, brána v potaz.

I z hlediska hodnocení ve skupinách dopadů pak spalování uhlí největší vliv, a to zejména na čerpání zdrojů a kvalitu lidského zdraví. Výroba tepla spalováním uhlí je tak ve srovnávací analýze shledána jako proces s největším dopadem na životní prostředí. V pořadí druhým procesem s největším environmentálním dopadem je výroba tepla spalováním zemního plynu. Dopad výroby tepla spalováním zemního plynu je na čerpání zdrojů je sice větší, z pohledu lidského zdraví a kvality ekosystému je ovšem méně významný než u výroby tepla spalováním štěpky. Ač je environmentální dopad výroby tepla ze spalování štěpky, ve srovnání s ostatními srovnávanými procesy, nejnižší, jeho dopad na lidské zdraví je významný.

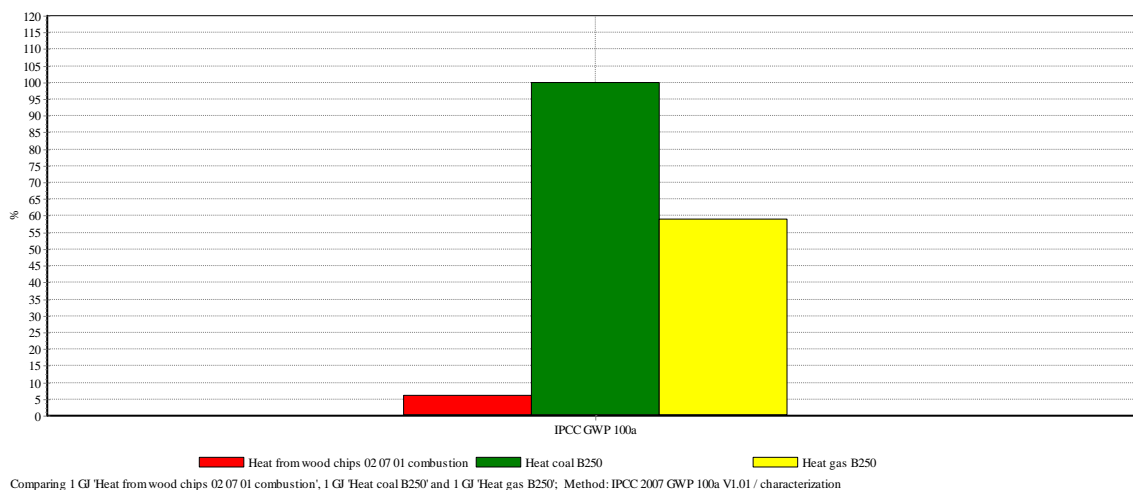
Celkově lze tedy konstatovat, že teplo vyrobené spalováním štěpky, v porovnání s výrobami tepla spalováním uhlí a zemního plynu, má nejmenší environmentální dopad, ovšem nesmíme zanedbat jeho výrazný vliv na lidské zdraví.

8.2 Srovnávací analýza, metoda GPW

Tato kapitola srovnává vliv způsobený výrobou tepla spalováním štěpky, uhlí a zemního plynu na globální oteplování metodou GPW.

Grafické zhodnocení srovnávací analýzy je na grafu 20, numerické zhodnocení srovnávací analýzy pak v tabulce 43.

Graf 20: Výsledky srovnávací LCIA výroby tepla spalováním štěpky, uhlí a zemního plynu v jednotlivých skupinách dopadů, metoda GPW



Tabulka 43: Výsledky srovnávací analýzy výroby tepla spalováním štěpky, uhlí a zemního plynu, metoda GPW 100

kategorie dopadu	jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí Buwal250	spalování zemního plynu Buwal250
GPW 100	kg CO ₂ ekvivalent	6.20	103.73	61.17
GPW 100	%	5.99	100	59.44

8.2.1 Dílčí závěr

Srovnávací analýza metodou GPW ukazuje na velmi nízký příspěvek výroby tepla spalováním štěpky. Ve srovnání s výrobou tepla spalováním uhlí (100%) je jeho podíl pouhých 6%. Podíl výroby tepla spalováním zemního plynu je 59,44% ve srovnání s výrobou tepla spalováním uhlí.

Lze tedy konstatovat, že spalování štěpky má velmi nízký podíl na globálním oteplování ve výhledu 100 let, a to zejména s pohledu negativního vlivu emisí přepočtených na CO₂ ekvivalent.

9 Vědecká diskuse a závěr

Cílem této disertační práce bylo navržení metodiky použití LCA a zhodnocení environmentálních dopadů výroby tepla spalováním biomasy pro konkrétní produktové systémy, včetně všech doprovodných procesů. Návrh této metodiky je uveřejněn v kapitole 5 této disertační práce a vychází z dosud známých poznatků o metodice LCA a hodnocení biomasy.

Navržená metodika je pak aplikována na příkladu výroby tepla spalováním štěpky v obecní výtopně v Hostětíně. Tato štěpka je vyrobena z bioodpadu (02 07 01 odpad z lesnictví) a je zavážena do skladu, kde postupně vysychá na vlhkost 32,5%. Následně je spalována, vyrobeným teplem je zásobována obec Hostětín.

Pro to, aby bylo možno navrženou metodiku použít a sestavit LCA výroby tepla spalováním štěpky v obecní výtopně v Hostětíně, byly určeny vlastnosti štěpky (kapitola 6). Dlouhodobým vzorkováním, v období 27. 11. 2008 – 18. 2. 2009, bylo zajištěno dostatečné množství vzorků, jež bylo podrobeno analýzám v souladu s postupy příslušných norem. Vlhkost štěpky byla stanovena na 32,5%, výhřevnost 10 631 kJ/kg. Kromě těchto vlastností byl určen i obsah popela (0,82%), obsah hořlaviny (66,68%), elementární složení štěpky. Všechny tyto parametry pak tvořily, spolu s daty získanými z provozu obecní výtopny v Hostětíně, podklad inventarizační analýzy výroby tepla spalováním štěpky v obecní výtopně v Hostětíně.

Pro naplnění práce bylo nutno rozpoznat veškeré procesy, které se na výrobě tepla spalováním štěpky v obecní výtopně v Hostětíně podílejí. Byly definovány procesy výroby štěpky z bioodpadu, transport štěpky do skladu obecní výtopny v Hostětíně, skladování štěpky ve skladu obecní výtopny v Hostětíně a spalování štěpky. Na procesy výroby štěpky, její transport a manipulaci má velký vliv spotřeba pohonných hmot pro manipulační techniku, proto je jako subprocess definována výroba a doprava nafty. Data pro tento proces jsou součástí databáze software SimaPro 7.1, stejně jako data výroby a distribuce elektrické energie, kterou je potřeba zajistit pro funkčnost procesu spalování štěpky.

Úskalím inventarizační analýzy byla nedostupnost některých dat pro výpočet emisí do ovzduší, které spalováním štěpky vznikají. Data byla nedostupná z technických důvodů, proto byl pro výpočet emisí volen náhradní způsob, opřený o data z autorizovaného měření emisí, provedeného v obecní výtopně v Hostětíně v roce 2006 a emisní faktory z legislativy.

Na základě výsledků inventarizační analýzy byly za použití metod Eco-indicator 99 a GPW 100 sestaveny LCIA výroby tepla spalováním štěpky v obecní výtopně v Hostětíně (kapitola 7). Závěry těchto LCIA jsou následující.

Z uvedených výsledků vyplývá, že samotný proces spalování štěpky pro výrobu tepla v obecní výtopně v Hostětíně má největší environmentální dopad, tvoří 64,84% dopadu všech procesů. Tento dopad je tvořen zejména třemi kategoriemi dopadů. První kategorií dopadu je vznik anorganických sloučenin poškozujících lidské zdraví (87,45% v porovnání s ostatními procesy). Druhou kategorií je vznik organických látek způsobujících respirační potíže (87,27% v porovnání s ostatními procesy). Třetím dopadem je acidifikace a eutrofizace (79,31%)

Výroba a distribuce elektrické energie se celkově podílí na environmentálním dopadu ve všech kategoriích 24,44%. V kategoriích dopadů je významná z pohledu čerpání fosilních paliv (12,50%), vzniku anorganických látek způsobujících respirační potíže (5,17%), změny klimatu (1,94%), užívání půdy (1,89%). Celkově je významná ve všech ostatních hodnocených kategoriích dopadů, výjma těch, které jsou významné u procesu spalování štěpky. Procentuální podíl ve všech kategoriích je větší než 70%, často se blíží 99% ze všech procesů. Ty se podílí méně, než 5%. Jsou u nich významné kategorie dopadů čerpání fosilních paliv, vznik anorganických látek způsobujících respirační potíže a užívání půdy.

Z hlediska hodnocení ve skupinách dopadů má pak samotné spalování štěpky, z celkového dopadu 64,84 %, největší dopad na lidské zdraví (82,72%) a na kvalitu ekosystému (59,89%). Elektrická energie s celkovým dopadem 24,44% se na dopadu na lidském zdraví podílí 11,19%, na kvalitě ekosystému 29,99% a na čerpání zdrojů 71,42%.

Vysoký podíl v dopadu spalování štěpky na lidské zdraví je tedy ve dvou základních kategoriích. První z kategorií je vznik anorganických látek způsobujících respirační potíže.

Nejvýznamnějšími v této kategorii jsou částice PM_{10} , vznikající nedokonalým spalováním dřeva. Tyto částice mají prokázaný negativní vliv na lidské zdraví. PM_{10} jsou v této kategorii zařazeny i přes to, že se neskládají jen z anorganických látek ale i látek organických (95). Z inventarizační analýzy jasně vyplynulo, že spalováním štěpky vzniká 85,39 g těchto látek na 1 GJ vyrobeného tepla. Ze závěrů (96) plyne, že toto množství je poněkud vyšší, než je uveřejněno v této publikaci, je však uveden pouze údaj pro dřevo, nikoli štěpku, jako takovou. Porovnáme – li množství emitovaných částic PM_{10} s (95), kde je přímo pro spalování štěpky zveřejněn údaj o 80 g na 1 GJ vyrobeného tepla. Pak lze říci, že výsledky disertační práce jsou porovnatelné. Množství emisí PM_{10} pro Českou republiku a Slovensko patří dlouhodobě mezi nejvyšší v Evropě (97).

Druhou významnou kategorií dopadů při spalování štěpky je vznik organických látek (VOC včetně PAH), tyto látky mají, stejně jako PM_{10} , prokazatelný vliv na lidské zdraví. Se závěrů studie (98) je evidentní, že výsledky v této disertační práci jsou vyšší. Množství emitovaných VOC je však počítáno z (78), je tedy použita maximální hodnota akceptovatelná legislativou České republiky. Reálné výsledky o množství VOC emisí mohou být nižší, celkový procentuální dopad na lidské zdraví v této kategorii by však zřejmě byl i přesto výrazný.

Významný je při procesu spalování štěpky i dopad v kategorii acidifikace a eutrofizace. Kategorie nespecifikuje, zda daný dopad spadá pod proces acidifikace či eutrofizace. Ovšem vzhledem k faktu, že byla použita data, ve kterých při spalování štěpky nejsou eutrofizující látky (P) a veškeré emise, způsobené spalovacím procesem, jsou emitovány do ovzduší, lze usuzovat na dopad acidifikaci. Tento dopad způsobují emise sloučenin síry a dusíku, které při spalování vznikají. Problematikou acidifikace se zabývá mnohá literatura, např. (99)

Celkově lze tedy konstatovat, že teplo vyrobené spalováním štěpky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně v Hostětíně, má největší podíl na dopadu na lidské zdraví (70,68%), poté na čerpání zdrojů (18,71%) a až poté na kvalitě ekosystému (10,61%).

V oblasti dopadů globálního oteplování ve výhledu 100 let, hodnocené metodou GPW, má největší podíl proces výroby elektrické a distribuce elektrické energie (73,58%), další podíly jsou pak rozděleny mezi procesy výroby štěpky (11,14%), dopravy štěpky

(9,07%) a manipulace štěpkou (6,21%). Samotný proces spalování se na globálním oteplování nepodílí, jelikož CO₂, který při spalování vzniká je biogenního původu a tento model s ním tedy počítá jako s nulovým.

Pro to, aby bylo poukázáno na to, že spalování štěpky, ve srovnání s teplem vyrobeným spalováním uhlí či zemního plynu, byla sestavena srovnávací analýza. Ze srovnání environmentálních dopadů je evidentní, že spalování zemního plynu a také spalování uhlí způsobují největší dopad v kategorii čerpání fosilních paliv. Na tuto kategorii má celková výroba tepla spalováním štěpky minimální vliv. Druhou závažnou kategorií dopadů je vznik anorganických látek způsobujících respirační potíže. Spalování uhlí a spalování štěpky se podílí, ve srovnání se spalováním zemního plynu, na této kategorii nejvíce. Celkově má výroba tepla spalováním uhlí, skoro ve všech kategoriích, největší environmentální dopad. Naproti tomu výroba tepla spalováním štěpky má nejmenší environmentální dopad, výjma kategorie vzniku organických látek způsobujících respirační potíže. U kategorií radiace, čerpání minerálů a užívání půdy se výsledky blíží 0 Pt, ostatní výroby mají 0 Pt, je tedy otázkou, zda tato kategorie, byla v rámci jejich LCA, brána v potaz.

I z hlediska hodnocení ve skupinách dopadů pak má spalování uhlí největší vliv, a to zejména na čerpání zdrojů a kvalitu lidského zdraví. Výroba tepla spalováním uhlí je tak ve srovnávací analýze shledána jako proces s největším environmentálním dopadem. V pořadí druhým procesem s největším environmentálním dopadem je výroba tepla spalováním zemního plynu. Její dopad na čerpání zdrojů je sice větší, z pohledu lidského zdraví a kvality ekosystému je ovšem méně významný než u výroby tepla spalováním štěpky. Ač je environmentální dopad výroby tepla spalováním štěpky, v porovnání s ostatními srovnávanými procesy ,nejnižší, jeho dopad na lidské zdraví je podstatný.

Použití navržené metodiky pro hodnocení environmentálních dopadů se ukázalo aplikovatelným a poukázalo na významné dopady, jež výroba tepla spalováním štěpky v obecní výtopně v Hostětíně způsobuje. Štěpka vyrobená z bioodpadu je v současnosti jediným palivem spalovaným v obecní výtopně Hostětín. Protože však existuje možnost výroby tepla spalováním štěpky z RRD, které by mohly být pěstovány v okolí obce Hostětín, doporučuji, na základě metodiky navržené v této disertační práci, sestavit LCA zvolené RRD. Toto pak porovnat s výsledky uveřejněnými v této disertační práci. Obec

Christina Serafinová: Hodnocení LCA energetických toků procesů zpracujících biomasu až po její finální energetické využití, zpracované pro obecní výtopnu v Hostětíně

Hostětín pak bude sama moci, v rozhodovacím procesu, určit palivo, jehož spalování pro výrobu tepla má nejnižší environmentální dopad.

10 Vědecký a praktický přínos

Vědecký přínos práce spočívá v:

- navržení metodiky pro hodnocení dopadů na životní prostředí na základě kombinace postupů pro hodnocení vlastností biomasy a postupů potřebných k sestavení LCA v souladu s normou ČSN EN ISO 14040;
- vytvoření srovnávacího modelu pro budoucí LCA zabývajících se problematikou výroby tepla spalováním biomasy. Zajímavou se jeví možnost srovnání provozů malých obecních výtopen, které pro výrobu tepla využívají zejména paliva vzniklá z bioodpadů;
- vytvoření scénáře nakládání s bioodpadem pro LCA produktů, při kterých odpad vzniká.

Praktický přínos práce spočívá v:

- popsání, hlavních environmentálních dopadů, které výroba tepla spalováním štěpky v obecní výtopně v Hostětíně způsobuje;
- propagaci LCA studie jako nástroje v preventivního přístupu k ochraně životního prostředí;
- sestavení LCA studie, která může být zaražena do databáze LCA studií a využitelná v budoucnu jak na poli vědecké práce, tak v praxi.

Citovaná literatura⁶³

1. Energy, sustainable development and health. *World Health Organization Regional Office For Europe*. [Online] World Health Organization, 2008. [Citace: 4. prosinec 2008.] http://www.euro.who.int/globalchange/topics/20030310_7.
2. World Energy Outlook 2005 . *International Energy Agency*. [Online] OECD/IEA , 2005. [Citace: 4. prosinec 2008.] http://www.iea.org/Textbase/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1540. ISBN: 92-64-10949-8.
3. Energy, sustainable development and healthn document. *World Health Organization, Regional Office for Europe* . [Online] World Health Organization Europe, 3. červen 2004. [Citace: 4. prosinec 2008.] <http://www.euro.who.int/document/eehc/ebakdoc08.pdf>. EUR/04/5046267/BD/8.
4. Goal 7: Ensure Environmental Sustainability. *United Nations Millennium Development Goals*. [Online] United Nations. [Citace: 4. prosinec 2008.] <http://www.un.org/millenniumgoals/envIRON.shtml>.
5. Čtvrté národní sdělení České republiky k rámcové úmluvě OSN o změně klimatu. *Ministerstvo životního prostředí ČR*. [Online] Ministerstvo životního prostředí, 2006. [Citace: 10. říjen 2008.] [http://www.mzp.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPOBFKFKZND](http://www.mzp.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPOBFKFKZND).
6. Zákon 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (úplně znění). *Biom.cz*. [Online] Sbírka zákonů České republiky, 01. červen 2005. [Citace: 17. duben 2008.] <http://biom.cz/leg/sb066-05.pdf>.
7. Zákon 406/2000 Sb., o hospodaření energií (úplně znění). *Ministerstvo životního prostředí ČR*. [Online] [Citace: 10. říjen 2008.] [http://www.mzp.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPMRF3XH9N9](http://www.mzp.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPMRF3XH9N9).

⁶³ Citace jsou uvedeny dle normy ISO 690, za použití Windows Word Office 2007

8. Carbon Dioxide. *U.S. environmental protection agency*. [Online] U.S. environmental protection agency, 9. září 2008. [Citace: 2009. leden 14.] <http://www.epa.gov/climatechange/emissions/co2.html>.
9. **Sladký, Václav, Andert, David a Abrham, Zdeněk.** *Energetické využití pevné biomasy*. Praha : Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2006. ISBN 80-86884-14-8.
10. **Bobčík, Aleš a Machů, Radim.** *Vyhodnocení provozu energetického centra Hostětín*. Brno : Ústav lesnické a dřevařské techniky, 2003.
11. **Jancovici, Jean - Marc.** Are there "CO2 free" energies ? *Manicore*. [Online] září 2003. [Citace: 8. prosinec 2008.] http://www.manicore.com/anglais/documentation_a/greenhouse/no_CO2.html.
12. **Hartmann, Joachim Kilian.** *Life-cycle-assessment of industrial scale biogas plants*. Göttingen : Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, 2006.
13. **Bernesson, Sven, Nilsson, Daniel a Hansson, Per - Anders.** A limited LCA comparing large- and small-scale production of ethanol for heavy engines under Swedish conditions. *Biomass and Bioenergy*. 2006, Sv. 30, 1, str. 46 - 57.
14. **Rabi, Ari, a další.** How to account for CO2 emissions from biomass in an LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2007, Sv. 12, 5, str. 281-281.
15. **ČSN EN ISO 14040: Environmentální management - posuzování životního cyklu - zásady a osnova.** Praha : Český normalizační institut , 2006.
16. **Kodymová, Jana.** *Hodnocení životního cyklu ocelových konstrukcí v ČR*. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2008.
17. **Zbicinski, Ireneneusz a kolektiv.** *Product design and life cycle assessment* . Uppsala : The Baltic University Press, 2006. ISBN 978-91-975526-2-2.
18. **Dado, Miroslav a Zelený, Ján.** *Aplikácia LCA v procese vývoja špeciálneho lesného kolesového traktora*. Zvolen : Technická univerzita ve Zvolene, 2004.

19. **Hertwich, Edgar G. a Hammit, James K.** A Decision - Analytic Framework for Impact Assessment, Part I: LCA and Decision Analysis. *International Journal of LCA*. 6, 2000, Sv. 5, str. 5-12.
20. **Rajničová, Lucia.** Analýza možností využitia LCA v rozhodovacom procese v odpadovom hospodárstve. *Technická univerzita Košice - Strojnícká fakulta*. [Online] 2007. [Citace: 19. prosinec 2008.] <http://www.sjf.tuke.sk/novus/papers/489-497.pdf>. ISBN: 978-80-8073-922-5, str.489-497.
21. **Hertwich, Edgar G., Hammitt, James K. a Pease, William S.** A Theoretical Foundation for Life-Cycle Assessment. *Jurnal of Industrial Ekology*. 1, 2000, Sv. 4, str.13-28.
22. **Pavel, Tomeček.** *Autoreferát doktorské disertační práce Hodnocení životního cyklu výrobku - černého energetického uhlí*. Frýdek - Místek : Vysoká škola báňská - technická univerzita Ostrava, 2005.
23. **Goedkoop, Mark, a další.** *Introduction to LCA with SimaPro*. místo neznámé : PRé Consultants, 2008.
24. The Product, Functional Unit and Reference Flows in LCA. *LCA Center Denmark*. [Online] 2004. [Citace: 9. duben 2009.] <http://www.lca-center.dk/resources/777.pdf>.
25. Quality Assessment for LCA. *Institut of Environmental Science*. [Online] [Citace: 16. duben 2009.] <http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/publications/quality.pdf>.
26. **Weinzettel, Jan.** *Posuzování životního cyklu (LCA) a analýza vstupů a výstupů (IOA): vzájemné propojení při získávání nedostupných dat*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2008.
27. **Hauschild, Michael Z.** Assessing Environmental Impacts in a Life-Cycle Perspective. *Environmental Science & Technology*. 39, 2005, Sv. 4, str. 81A - 88A.
28. **Goedkoop, Mark.** Eco - indicator 95. *PRé consultants*. [Online] 1995. [Citace: 23. duben 2009.] <http://www.pre.nl/download/EI95FinalReport.pdf>. ISBN: 90-72130-80-4.

29. **Goedkoop, Mark, Effting, Suzanne a Colligno, Marcel.** The Eco-indicator 99: A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment, second edition. [Online] 17. duben 2000. [Citace: 17. duben 2009.] http://users.rowan.edu/~everett/courses/soclii/LCA/EI99_manual_v3.pdf.
30. Eco - indicator 99: Manual for Designers. *Ministry of housing, Spatial Planning and Environment Netherlands.* [Online] [Citace: 17. duben 2009.] <http://www.docstoc.com/docs/2665784/The-Eco-Indicator-99>.
31. **Goedkoop, Mark a Spriensma, Renilde.** The eco-indicator 99: a damage oriented method for life cycle impact assessment: third edition. *Gasunie Rijksuniversiteit Groningen.* [Online] 22. červenec 2000. [Citace: 17. duben 2009.] <http://gasunie.eldoc.ub.rug.nl/FILES/root/2001/2665507/2665507.pdf>.
32. **Chamberlin, Shaun.** The climate science translation guide. *Dark Optimism.* [Online] Dark Optimism, 3. září 2008. [Citace: 22. duben 2009.] <http://www.darkoptimism.org/2008/09/03/the-climate-science-translation-guide/>.
33. Global warming potential. *Wikipedia.* [Online] Wikipedia. [Citace: 22. duben 2009.] http://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming_potential.
34. *Evaluation of Environmental Impact in Life Cycle Assesment.* Řím : UNITED NATIONS PUBLICATION, 2003. ISBN: 92-807-2144-5.
35. **Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Berntsen, R. Betts, D.W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D.C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz, R. Van Dorland.** 2007: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. *Intergovernmental Panel of Climate Change.* [Online] 2007. [Citace: 22. duben 2009.] http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Print_Ch02.pdf.
36. Radiative forcing. *Wikipedia.* [Online] Wikipedia. [Citace: 22. duben 2009.] http://en.wikipedia.org/wiki/Radiative_efficiency.
37. **Bretz, Rolf.** SETAC LCA Work group: Data Availability and Data Quality. *International Journal of Life Cycle Assessment.* 3, 1998, Sv. 3, str. 121 - 123.

38. Nástroje LCA. *Informační stránky o posuzování životního cyklu - LCA*. [Online] ETC Consulting Group s.r.o., 24. červen 2008. [Citace: 7. dubna 2009.] <http://www.lca.cz/cz/108-nastroje>.
39. *General requirements for LCA software*. **Unger, Nicol**. Osnabruck : Univerzity of Osnabruck, 2004. ISBN 88-900787-1-5.
40. SimaPro 7. *Product ecology consultants*. [Online] PRé consultants, 6. únor 2009. [Citace: 7. duben 2009.] http://www.pre.nl/simapro/simapro_lca_software.htm#database.
41. *Studie LCA s využitím programu SimaPro*. **Weinzettel J., Kudláček I.** Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2007. ISBN 978-80-7043-557-1.
42. Zákon č.185/2001 Sb. Zákon o odpadech a změně některých zákonů (úplné znění). *Ministerstvo životního prostředí ČR*. [Online] [Citace: 20. květen 2009.] <http://www.env.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8fc3e5c15334ab9dc125727b00339581?OpenDocument>.
43. Vyhláška 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů ve znění pozdějších předpisů. *Ministerstvo životního prostředí ČR*. [Online] Sbírka zákonů ČR. [Citace: 22. květen 2009.] <http://www.env.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/744b4ecf4745be95c12570060044610a?OpenDocument>.
44. Vyhláška 341/2008 Sb. o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášek č. 294/2005 Sb. a č. 383/2001 Sb. (úplné znění). *Ministerstvo životního prostředí ČR*. [Online] Sbírka zákonů ČR. [Citace: 22. květen 2009.] <http://www.env.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/2677c8bdc47f371bc125756300429633?OpenDocument>.
45. **Tadeáš Ochodek, Jan Koloničný, Pavel Janásek**. Potenciál z biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy. *Podpora lokálního vytápění biomasou*. [Online] 2006. [Citace: 27. únor 2009.] <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/bio.pdf>. ISBN 80-248-1207-X.

46. Energetické plodiny. *Wikipedia*. [Online] Wikipedia. [Citace: 2009. května 27.] http://cs.wikipedia.org/wiki/Energetick%C3%A9_plodiny.
47. **Vlasta, Petříková.** Obnovitelná energie z polních kultur. *Biom.cz*. [Online] 5. únor 2002. [Citace: 28. květen 2009.] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/obnovitelna-energie-z-polnich-kultur>. ISSN: 1801-2655.
48. **Muntinger, Karel a Beranovský, Jiří.** *Energie z biomasy*. Brno : ERA, 2006. ISBN 80-7366-071-7.
49. **Weger, Jan a Havlíčková, Kamila.** Zásady a pravidla pěstování rychle rostoucích dřevin (r.r.d.) ve velmi krátkém obmýtlí. *Biom.cz*. [Online] 18. leden 2002. [Citace: 28. květen 2009.] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zasady-a-pravidla-pestovani-rychle-rostoucich-drevin-r-r-d-ve-velmi-kratkem-obmyti>. ISSN: 1801-2655.
50. Nařízení vlády 505/2000 Sb. v úplném znění. *Sbírka zákonů ČR*. [Online] 30. prosince 2000. [Citace: 31. května 2009.] <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2000/sb148-00.pdf>.
51. **Bronislav, Bechník.** Biomasa - definice a členění. *TZB - info.cz*. [Online] 15. květen 2009. [Citace: 31. květen 2009.] <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5641>. ISSN 1801-4399.
52. **Pavel, Noskievič.** *Spalování uhlí*. Ostrava : Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. Fakulta strojní. Katedra VEC, 2002. ISBN 80-248-0204-X.
53. **Ochodek, Tadeáš, Koločný, Jan a Branc, Michal.** *Technologie pro přípravu a energetické využití biomasy*. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1426-1.
54. **Dlouhý, Tomáš.** *Výpočty kotlů a spalínových výměníků*. Praha : ČVUT, 1999. ISBN 80-01-02591-8.
55. **Alice, Kotlánová.** Testování biomasy a výrobků z biomasy (pelet a briket) určených ke spalování. *Biom.cz*. [Online] 15. únor 2009. [Citace: 11. červen 2009.] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/testovani-biomasy-a-vyrobu-z-biomasy-pelet-a-briket-urcenyh-ke-spalovani>. ISSN: 1801-2655.

56. **Slejška, Antonín, Mužík, Oldřich a Tluka, Petr.** Expertní systém pro organické hnojení na zemědělské půdě : Jaké má organický materiál, který chci využít ke hnojení, vlastnosti? *Biom.cz*. [Online] 14. září 2006. [Citace: 10. červen 2009.] <http://biom.cz/cz/produkty-a-sluzby/expertni-system/jake-ma-organicky-material-ktery-chci-vyuzit-ke-hnojeni-vlastnosti>. ISSN: 1801-2655.
57. **Obruča, Stanislav.** Pravděpodobný energetický zdroj blízké budoucnosti – biomasa. *Odpady.iHNED.cz*. [Online] [Citace: 11. červen 2009.] http://odpady.ihned.cz/?secpart=_clanek_ggihc_ih_. ISSN 1213-7693.
58. **Horáček, Petr.** *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. ISBN 80-7157-347-7.
59. **Hemerka, Jiří a Hrdlička, František.** Emise z kotelen a ochrana ovzduší (III). *TZB - info.cz*. [Online] 3. leden 2005. [Citace: 18. červenec 2009.] <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2309>. ISSN 1801-4399.
60. **Spitzer, Josef.** Greenhouse Gas Emissions of Bioenergy Systems. *European Comission Research*. [Online] 1. říjen 2006. [Citace: 21. březen 2009.] http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/gp/gp_events/biorefinery/bs4_03_spitzer_en.pdf.
61. **Jungmeier, Gerfried.** *System Analyses of Forestry, Forest Products and Recovered Wood - Activities and Results from COST Action E9 and E31*. [http://ieabioenergy-task38.org/workshops/ostersund03/] Ostersund : IEA Bioenergy-Task 38, 2003.
62. **Jungmeier, Gerfried, Resch, G. a Spitzer, Josef.** Environmental Burdens Over the Entire Life Cycle of a Biomass CHP Plant. *Biomass and Bioenergy*. 1998, Sv. 4/5, 11, str.311-323.
63. **Rosillo-Calle, Frank.** *The Biomass Assessment Handbook*. London : Earthscan Publishers, 2007. ISBN 978-1-84407-526-3.
64. **Marie Válová, Silvia Bieleszová.** Interspecific variations of bark's water storage capacity of chosen types of trees and the dependance on occurrence of epiphytic mosses. *Geoscience Engeneering*. 4, 2008, Sv. LIV, ISSN 1802-5420, str. 45 - 51.

65. Hostětín - teplovodní kotel. *Atlas - zařízení využívající obnovitelné zdroje energie*. [Online] Calla, 2008. [Citace: 12. červenec 2009.] http://www.calla.cz/atlas/detail.php?&id=864&kat=3&img_id=1372.
66. Hostětínská cesta. *Centrum Veronica*. [Online] 2008. [Citace: 15. prosince 2008.] http://www.veronica.cz/dokumenty/Hostetinska_cesta.pdf. ISBN 978-80-904109-5-4.
67. **Uhlířová, Jitka**. *Co přinesly projekty v Hostětíně? Analýza modelových produktů udržitelného rozvoje*. Staré Město : Agentura NP v.o.s., 2008. ISBN 978-80-904148-1-5.
68. **Machů, Radim**. Analýza provozu obecní výtopny v Hostětíně v období 2002 - 2004. *Centrum Veronica Hostětín - Archív dokumentů*. [Online] 2005. [Citace: 13. duben 2009.] <http://hostetin.veronica.cz/67/dokumenty/?page=2>.
69. **Kára, Jaroslav a Adamovský, Radomír**. Logistika energetické biomasy. *Biom.cz*. [Online] [Citace: 12. červenec 2009.] <http://stary.biom.cz/sborniky/99kara/10.html>.
70. Produkty SteyrTraktory Profi. *Agrics*. [Online] [Citace: 22. červen 2009.] <http://www.agrics.cz/modely/?rada=3>.
71. Štěpkovací stroje. *Beibr s.r.o.* [Online] http://www.biber.cz/default.asp?key=25_&lng=cz.
72. Manipulátory Merlo. *Deutz-Fahr*. [Online] [Citace: 22. červen 2009.] <http://www.deutz-fahr.net/stranka-manipulatory-merlo-9>.
73. UNC 061. *Detva stroje*. [Online] 6. duben 2008. [Citace: 15. červen 2009.] <http://www.detvastroje.estranky.cz/clanky/clanky/unc-061>.
74. UNC 061. *Nakladac.sk*. [Online] [Citace: 8. července 2009.] <http://www.nakladac.sk/>.
75. Obecní výtopna - informační materiály. *Veronica.cz*. [Online] 5. únor 2006. [Citace: 12. červenec 2009.] <http://hostetin.veronica.cz/67/dokumenty/?page=4>.
76. *Protokol z autorizovaného měření emisí, Kotel na dřevní odpad, Hostětín*. 2006.

77. **Karták, Jan.** Vznik polycyklických aromatických uhlovodíků. *Tzb-info.cz*. [Online] 3. únor 2004. [Citace: 15. červenec 2009.] <http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1808>. ISSN 1801-4399.
78. Nařízení vlády 352/2002 Sb. *Ministerstvo životního prostředí*. [Online] [Citace: 12. červenec 2009.] <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/d328d2b607a535abc12570280037bea5?OpenDocument>.
79. **Masitah, Alias, Zaini, Hamzah a Lee, See Kenn.** PM10 and Total Suspended Particulates (TSP)Measurements in Various Power Stations. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 2007, Sv. 1, 11,str.255-261.
80. Fuel combustion in stationary sources. *International Institute for Applied Systems Analysis* . [Online] [Citace: 18. červenec 2009.] <http://www.iiasa.ac.at/~rains/PM/docs/documentation.html>.
81. **Klimont, Zbigniew, a další.** Modelling Particulate Emissions in EuropeA Framework to Estimate Reduction Potential and Control Costs. *International Institute for Applied Systems Analysis*. [Online] 2002. [Citace: 18. červenec 2009.] <http://www.iiasa.ac.at/rains/reports/ir-02-076.pdf>.
82. **Dufek, Jiří, Adamec, Vladimír a Jedlička, Jiří.** Metodické zásady výpočtu emisí z dopravy. *Centrum dopravního výzkumu*. [Online] [Citace: 12. červenec 2009.] <http://www.cdv.cz/text/szp/ovzdusi/metodicke-zasady-05.pdf>.
83. Emission Inventory Guidebook - Other Mobile Sources and Machinery. [Online]
84. *Vplyv dreviny na produkciu emisií NOx tvorených formou nízkoteplotnej oxidácie palivového dusíka v procese spaľovania dreva.* **Dzurenda, Ladislav.** Ostrava : VŠB-TU Ostrava, katedra energetiky, 2004.
85. **Heijungs, Reinout.** *Environmental life cycle assessment of products*. Leiden : Centre of Environmental Science, 1992. 90-519-1064-9.
86. **Guinée, Jeroen B.** *Handbook on Life cycle Assessment, Operational Guide to the ISO Standards*. Leiden : Kluwer Academic Publishers, 1992. ISBN 1-4020-0228-9.

87. **Heijungs, Reinout a Sui, Sangwon.** *The Computational Structure of Life Cycle Assessment*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2002. ISBN 1-4020-0672-1.
88. **Huindai, Nabendra S.** *Mechanical Life Cycle Handbook*. New York : Marcel Dekker, Inc., 2002. ISBN 0-8247-0572-6.
89. **Wenzel, Hendrik, Hauschild, Michael a Altino, Leo.** *Environmental Assessment of Product, Volume 1: Methodology, tools and case studies in product development*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2000. ISBN 0-793-37859-8.
90. **Schaltegeer, Stefan a Baunschweig, Arthur.** *Life Cycle Assessment (LCA) - QUo vadis?* Basel : Birghauser verlag, 1996. ISBN 3-7643-5341-4.
91. **Sonnemann, Guido, Castells, Francesc a Schuhmacher, Marta.** *Integrated Life-Cycle and Risk Assessment for Industrial Processes*. NW Boca Raton : Lewis Publishers, 2003. ISBN 1-56670-644-0.
92. **Frankl, Paolo a Rubik, Frieder.** *Life Cycle Assessment in Industry and Business*. místo neznámé : Springer, 2002. ISBN 3-540-66469-6.
93. **Jan, Křenek.** Emise z kotelen a ochrana ovzduší. *Domovské stránky uživatelů, Západočeská univerzita v Plzni*. [Online] 2009. [Citace: 15. červenec 2009.]
94. Keranova. *Schiedel*. [Online] [Citace: 15. červenec 2009.] <http://www.schiedel.cz/servis/podklady-pro-projektovani/dimenzovani/obnova-kominu/keranova/>.
95. **Group, AEA Energy.** *Measurement and Modelling of Fine Particulate emissions (PM10 and PM2,5) from Wood - Burning Biomass Boiler*. Edinburgh : Scottish Goverment, 2008. ISBN 978-0-7559-7296-8.
96. **Nussebaumer, T., a další.** Particulate emission from biomass combustion in IEA countries - survey on measurements and emission factors. *International energy agency (IEA) Bioenergy Task 32*. [Online] Swiss Federal office of Energy, leden 2008. [Citace: 20. červenec 2009.] ISBN 3-908705-16-5.

97. Spatial assessment of PM10 and ozone concentrations in Europe. *European Environment Agency*. [Online] 2005. [Citace: 20. červenec 2009.] <http://www.eea.europa.eu/publications/spatial-assessment-of-pm10-and-ozone-concentrations-in-europe-2005-1>. ISSN 1725-2237.
98. **Preto, Fernando**. Emission from Residential Wood Combustion. *International energy agency (IEA) Bioenergy Task 32*. [Online] 21. říjen 2001. [Citace: 20. červenec 2009.] http://www.ieabcc.nl/meetings/task32_Paris_ssc/Preto.pdf.
99. **Hatfield, J.L. a R.FFollett, R.F.** *Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management*. místo neznámé : Elsevier Inc., 2008.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Fáze LCA a jejich vzájemné vazby (15)	7
Obrázek 2: Soubor jednotkových procesů v produktovém systému (15)	9
Obrázek 3: Příklad ohraničeného produktového systému LCA (15)	10
Obrázek 4: Schematické znázornění transformace vstupních dat na výstupní při modelování LCA studie (25)	11
Obrázek 5: Působení látky v životním prostředí (27)	13
Obrázek 6: Vztah mezi emisemi a kategoriemi dopadů. (17)	14
Obrázek 7: Popis mechanismu výpočtu eko-indikátorů. Světlé rámečky znamenají jednotlivé procedury tohoto mechanismu, černé rámečky pak znamenají mezivýsledky dosažené jednotlivými mechanismy (30)	18
Obrázek 8: Detailní schematické znázornění „damage modelu“ - mechanismu metody Eco-indicator 99. (30)	19
Obrázek 9: Odhad vývoje „radiative forcing“ od roku 1750 do roku 2005. (36)	21
Obrázek 10: Všeobecná struktura LCA software. (18)	23
Obrázek 11: Závislost vlhkosti štěpky na výhřevnosti paliva. (45)	32
Obrázek 12: Teoretická závislost výhřevnosti biomasy na obsahu vody. (45)	33
Obrázek 13: Pohled na obecní výtopnu (65)	60
Obrázek 14: Rozvodná tepelná síť v obci Hostětín (67)	61
Obrázek 15: Referenční tok a hranice systému výroby tepla ze spalování štěpky v obecní výtopně v Hostětíně	63
Obrázek 16: Lesní traktor STEYR nahoře vlevo (70), nahoře vpravo štepkoč BOBR 70 (71), dole uprostřed manipulator MERLO Turbofarmer (72)	67
Obrázek 17: Sklad štěpky obecní výtopny (foto: autor)	70
Obrázek 18: UNC 061 Detvan ve skladu odpadní štěpky obecní výtopny (foto: autor)	71
Obrázek 19: Schematické znázornění materiálových toků v obecní výtopně (75)	76
Obrázek 20: Pohled na šnekový dopravník štěpky (vlevo) a teplovodní kotel Kara (vpravo) (65)	76
Obrázek 21: Pohled do spalovací komory (vlevo) (foto: autor)	77
Obrázek 22: Spalovací komora s tříprůchodovým kotlem (vlevo) a multicyklónová čistící souprava (vpravo) (75)	77

Obrázek 23: Procesní strom spalování štepky v obecní výtopně pro výrobu 1 GJ tepla.....81

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vývoj struktury spotřeby energetických zdrojů ve světě (9).....	2
Tabulka 2: GPW nejdůležitějších GHG přepočtených dle CO ₂ ekvivalentu. (35).....	21
Tabulka 3: Chemické složení hořlaviny dřevní hmoty. (45)	34
Tabulka 4: Objemové jednotky. (45)	35
Tabulka 5: Vzájemné přepočty mezi jednotkami dřevní hmoty. (45)	35
Tabulka 6: Závislost obsahu vody, výhřevnosti a objemové měřené hmotnosti nspecifikované dřevní štěpky. (57)	36
Tabulka 7: Koeficient sesychání a bobtnání některých druhů dřev (58)	37
Tabulka 8: Ztráta vlhkosti 44 vzorků štěpky z obecní výtopny, období 13. 1. 2009 – 27. 2. 2009	49
Tabulka 9: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení vzorek č.33.D – 100% listnaté složky	51
Tabulka 10: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č.43.D – 90 % listnaté složky	52
Tabulka 11: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 8.D – 80 % listnaté složky	52
Tabulka 12: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 11.D – 70 % listnaté složky	53
Tabulka 13: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 14.D – 60 % listnaté složky	53
Tabulka 14: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 23.D – 50 % listnaté složky	54
Tabulka 15: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 30.D – 40 % listnaté složky	54
Tabulka 16: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 2.D – 30 % listnaté složky	55
Tabulka 17: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 1.D – 20 % listnaté složky	55
Tabulka 18: Obsah popela, spalné teplo, výhřevnost a elementární složení, vzorek č. 1.D – 10 % listnaté složky	56

Tabulka 19: Průměrné hodnoty všech 10 reprezentativních vzorků.....	57
Tabulka 20: Stanovení měrné objemové hmotnosti 44 suchých vzorků štepky	58
Tabulka 21: Energetické a materiálové toky připadající na 1 prms štepky o vlhkosti 32,5%	71
Tabulka 22: Propočtené emise vztažené na 1 prms vyrobené štepky o vlhkosti 32,5% (výstup)	72
Tabulka 23: Propočtené emise těžkých kovů a perzistentních organických polutantů vztažené na 1 m ³ vyrobené štepky o vlhkosti 32,5% (výstup)	72
Tabulka 24: Energetické a materiálové toky vztažené na 1 GJ tepla vyrobeného spalováním štepky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně	73
Tabulka 25: Propočtené emise vztažené na 1 GJ tepla vyrobeného spalováním štepky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně (výstup)	74
Tabulka 26: Propočtené emise těžkých kovů a perzistentních organických polutantů vztažené na 1 GJ tepla vyrobeného spalováním štepky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně Hostětín (výstup).....	74
Tabulka 27: Objem spalin vzniklých v důsledku výroby 1 GJ tepla spalováním štepky o vlhkosti 32,5%	78
Tabulka 28: Shrnutí výsledků z měření emisí (76).....	79
Tabulka 29: Energetické a materiálové toky spalovacího procesu, vztažené na 1 GJ tepla vyrobeného spalováním štepky o vlhkosti 32,5% v obecní výtopně.....	79
Tabulka 30: Environmentální profil, vyjádření procentuálních podílů jednotlivých procesů na environmentálním dopadu v jednotlivých kategoriích, metoda Eco-indicator 99	82
Tabulka 31: Výsledky LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99	86
Tabulka 32: Výsledky LCIA přepočtené na procentuální podíl v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99	88
Tabulka 33: Výsledky LCIA v skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99	89
Tabulka 34: Výsledky LCIA přepočtené na procentuální podíl v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99	90
Tabulka 35: Celkové výsledky LCIA přepočtené na procentuální podíl v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99	90

Tabulka 36: Výsledky hodnocení vlivů na globální oteplování způsobené výrobou tepla spalováním štěpky v obecní výtopně Hostětín, metoda GPW 100	92
Tabulka 37: Analýza citlivosti pro změnu vzdálenosti zvětšením o 50 resp. 100%.....	93
Tabulka 38: Analýza citlivosti pro změnu spotřeby elektrické energie zvětšením o 25 resp. 50%	93
Tabulka 39: Analýza citlivosti metodou GPW	94
Tabulka 40: Srovnání environmentálních profilů výroby tepla spalováním štěpky, uhlí a zemního plynu.....	96
Tabulka 41: Výsledky srovnávací LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indikátor 99	100
Tabulka 42: Výsledky srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99 V 2.06.....	102
Tabulka 43: Výsledky srovnávací analýzy výroby tepla spalováním štěpky, uhlí a zemního plynu, metoda GPW 100.....	103
Tabulka 44: Tabulka určení vodní kapacity, spalitelných látek, a rozlišení dřevin, ztráty vlhkosti u vzorků štěpky odebraných v době 13. 1. 2009 – 4. 2. 2009.....	131
Tabulka 45: Tabulka určení vodní kapacity, spalitelných látek, a rozlišení dřevin, ztráty vlhkosti u vzorků štěpky odebraných v době 5. 2. 2009 – 27. 2. 2009.....	132
Tabulka 46: Emisní faktory těžkých nákladních vozidel s dieslovými motory nad 3,5 t (82)	136
Tabulka 47: Emisní faktory těžkých kovů a perzistentních organických polutantů pro všechny kategorie vozidel (83)	136
Tabulka 48: hmotnostní a objemové množství plynů vztažené k 1 kmol plynu za normálního stavu (52).....	140
Tabulka 49: Environmentální profil	167
Tabulka 50: Hodnocení způsobených škod v kategoriích dopadů	168
Tabulka 51: Hodnocení způsobených škod ve skupinách dopadů	169
Tabulka 52: Normalizace způsobených škod v kategoriích dopadů.....	169
Tabulka 53: Normalizace způsobených škod ve skupinách dopadů.....	170
Tabulka 54: Vážení způsobených škod v kategoriích dopadů.....	171
Tabulka 55: Vážení způsobených škod v kategoriích dopadů.....	172

Tabulka 56: Přehled všech sloučenin a prvků, jejichž množství bylo větší než 1% v daném procesu a jsou započítány, metoda Eco-indicator.....	173
Tabulka 57: Přehled všech sloučenin a prvků, jejichž množství bylo větší než 1% v daném procesu a jsou započítány, metoda GPW 100.....	188
Tabulka 58: Hodnocení škod srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99.....	233
Tabulka 59: Normalizace srovnávací LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99.....	233
Tabulka 60: Normalizace srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indikátor 99 V 2.06	234
Tabulka 61: Vážení srovnávací LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indikátor 99	234
Tabulka 62: Vážení srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indikátor 99	235

Seznam grafů

Graf 1: Vlhkost 44 vzorků štěpky z obecní výtopny, období 25. 11. 2008 – 12. 1. 2009 ...	47
Graf 2: Vlhkost 44 vzorků štěpky z obecní výtopny, období 13. 1. 2009 – 27. 2. 2009	48
Graf 3: Environmentální profil, vyjádření procentuálních podílů jednotlivých procesů na environmentálním dopadu v jednotlivých kategoriích, metoda Eco-indikátor 99 V 2.06...	81
Graf 4: Škody způsobené na lidském zdraví, kvalitě ekosystému a zdrojích, metoda Eco-indicator 99	83
Graf 5: Normalizace v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99	84
Graf 6: Normalizace v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99	84
Graf 7: Vážení v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99	85
Graf 8: Vážení v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99	85
Graf 9: Výsledky LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99	86
Graf 10: Výsledky LCIA v skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99.....	89
Graf 11: Výsledky hodnocení vlivů na globální oteplování způsobené výrobou tepla spalováním štěpky v obecní výtopně, metoda GPW 100	92
Graf 12: Srovnání environmentálních profilů výroby tepla spalováním štěpky, uhlí a zemního plynu.....	96
Graf 13: Hodnocení škod srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99	97
Graf 14: Normalizace srovnávací LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99	98
Graf 15: Normalizace srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99	98
Graf 16: Vážení srovnávací LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99	99
Graf 17: Vážení srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99	99
Graf 18: Výsledky srovnávací LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99	100
Graf 19: Výsledky srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99	101

Graf 20: Výsledky srovnávací LCIA výroby tepla spalováním štěpky, uhlí a zemního plynu v jednotlivých skupinách dopadů, metoda GPW	103
Graf 21: Ztráta vlhkosti u vzorků s 70% podílu listnatého dřeva u vzorkované štěpky (%)	134
Graf 22: Ztráta vlhkosti u vzorků s 80% podílu listnatého dřeva u vzorkované štěpky (%)	134
Graf 23: Ztráta vlhkosti u vzorků s 90% podílu listnatého dřeva u vzorkované štěpky (%)	135

Seznam příloh

Příloha 1: Tabulky určení vodní kapacity, spalitelných látek, a rozlišení dřevin, ztráty vlhkosti u vzorků štěpky	131
Příloha 2: Grafy ztráty vlhkostí vzorkované štěpky vyjádřené v souvislosti s procentuálním podílem listnatého dřeva ve vzorcích štěpky	134
Příloha 3: Emisní faktory vozidel s dieslovým motorem	136
Příloha 4: Stechiometrické výpočty	137
Příloha 5: LCI analýza procesu výroby tepla spalováním štěpky v obecní výtopně Hostětín	141
Příloha 6: Tabulky LCIA spalování štěpky pro výrobu 1 GJ tepla	167
Příloha 7: Přehled všech loučenin a prvků započítávaných do LCIA	173
Příloha 8: Srovnávací analýza – LCI procesů	210
Příloha 9: Tabulky srovnávací analýzy výroby tepla spalováním štěpky, uhlí a zemního plynu	233

Příloha 1: Tabulky určení vodní kapacity, spalitelných látek, a rozlišení dřevin, ztráty vlhkosti u vzorků štěpky

Tabulka 44: Tabulka určení vodní kapacity, spalitelných látek, a rozlišení dřevin, ztráty vlhkosti u vzorků štěpky odebraných v době 13. 1. 2009 – 4. 2. 2009

číslo vzorku	datum odběru	m suchý	m mokrý	V	vodní kapacita	ρ	m 1hod.	m 2hod.	m 3hod.	m 24hod.	spalitelné látky	rozlišení dřevin	
		g	g	ml	g/cm ³	g/ml	g	g	g	g	%	listnaté (%)	jehličnaté (%)
1D	13.1.2009	3,458	11,584	10,0	0,8	0,346	10,441	9,629	8,864	3,789	98,13	20	80
2D	14.1.2009	2,118	5,886	5,0	0,8	0,424	4,992	4,363	4,018	2,109		30	70
3D	15.1.2009	3,265	8,497	6,0	0,9	0,544	7,593	6,915	6,353	3,460		40	90
4D	16.1.2009	2,630	6,897	6,0	0,7	0,438	6,017	5,434	5,058	2,622	99,06	40	60
5D	17.1.2009	3,064	9,039	7,0	0,9	0,438	8,259	7,568	7,130	3,119		10	90
6D	18.1.2009	2,625	7,853	7,5	0,7	0,350	7,071	6,451	5,796	2,633		40	60
7D	19.1.2009	3,482	8,618	8,0	0,6	0,435	7,821	7,174	6,634	3,538		40	60
8D	20.1.2009	3,850	9,247	6,0	0,9	0,642	8,434	7,774	7,260	4,027	98,59	60	40
9D	21.1.2009	2,859	8,321	8,0	0,7	0,357	7,488	6,789	6,152	2,991		80	20
10D	22.1.2009	2,901	8,352	6,5	0,8	0,446	7,594	7,014	6,376	2,923		80	20
11D	23.1.2009	2,303	6,808	5,0	0,9	0,461	6,068	5,470	4,924	2,349		70	30
12D	24.1.2009	2,927	7,468	7,0	0,6	0,418	6,731	6,102	5,579	2,950	98,60	20	80
13D	25.1.2009	3,054	8,858	8,0	0,7	0,382	7,924	7,239	6,571	3,054		60	40
14D	27.1.2009	2,972	8,896	6,0	1,0	0,495	8,035	7,450	6,825	2,982		60	40
15D	28.1.2009	2,719	7,079	5,0	0,9	0,544	6,420	5,866	5,298	2,776		20	80

číslo vzorku	datum odběru	m suchý	m mokrý	V	vodní kapacita	ρ	m 1hod.	m 2hod.	m 3hod.	m 24hod.	spalitelné látky	rozlišení dřevin	
		g	g	ml	g/cm ³	g/ml	g	g	g	g	%	listnaté (%)	jehličnaté (%)
16D	29.1.2009	2,524	7,538	6,0	0,8	0,421	6,723	6,161	5,557	2,531	98,08	20	60
17D	30.1.2009	3,071	7,695	7,0	0,7	0,439	6,975	6,353	5,876	3,092		70	30
18D	31.1.2009	3,291	8,028	6,5	0,7	0,506	7,252	6,675	6,189	3,446		10	90
19D	1.2.2009	3,330	8,750	7,0	0,8	0,476	7,983	7,407	6,905	3,459		30	70
20D	2.2.2009	3,366	8,791	9,0	0,6	0,374	8,059	7,451	7,095	3,455	99,37	20	80
21D	3.2.2009	2,674	7,300	6,0	0,8	0,446	6,746	6,117	5,821	2,720		10	90
22D	4.2.2009	3,149	9,992	8,0	0,9	0,394	9,351	8,663	8,279	3,536		30	70

Tabulka 45: Tabulka určení vodní kapacity, spalitelných látek, a rozlišení dřevin, ztráty vlhkosti u vzorků štěpky odebraných v době 5. 2. 2009 – 27. 2. 2009

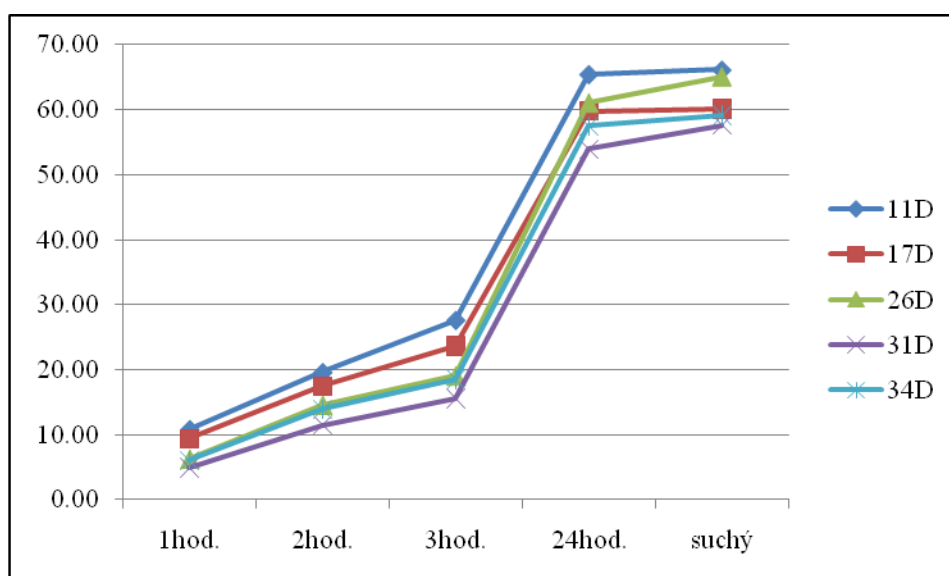
číslo vzorku	datum odběru	m suchý	m mokrý	V	vodní kapacita	ρ	m 1hod.	m 2hod.	m 3hod.	m 24hod.	spalitelné látky	rozlišení dřevin	
		g	g	ml	g/cm ³	g/ml	g	g	g	g	%	listnaté (%)	jehličnaté (%)
23D	5.2.2009	3,115	9,562	8,0	0,8	0,389	8,966	8,353	7,991	3,247		50	50
24D	6.2.2009	3,138	8,992	8,0	0,7	0,392	8,366	7,736	7,332	3,369	97,43	60	40
25D	7.2.2009	3,172	10,602	8,0	0,9	0,397	9,944	9,009	8,728	3,369		60	40
26D	8.2.2009	2,654	7,593	6,0	0,8	0,442	7,115	6,486	6,144	2,960		70	30
27D	9.2.2009	3,366	9,244	8,0	0,7	0,421	8,721	8,129	7,776	3,681		80	20
28D	10.2.2009	2,998	8,538	7,0	0,8	0,428	7,959	7,366	7,000	3,150	98,41	50	50

číslo vzorku	datum odběru	m suchý	m mokrý	V	vodní kapacita	ρ	m 1hod.	m 2hod.	m 3hod.	m 24hod.	spalitelné látky	rozlišení dřevin	
		g	g	ml	g/cm ³	g/ml	g	g	g	g	%	listnaté (%)	jehličnaté (%)
29D	11.2.2009	3,379	7,978	5,5	0,8	0,614	7,491	7,028	6,657	3,590		80	20
30D	12.2.2009	3,027	8,228	7,0	0,7	0,432	7,699	7,056	6,669	3,361		40	60
31D	13.2.2009	3,775	8,915	7,0	0,7	0,539	8,473	7,889	7,525	4,108		70	30
32D	15.2.2009	3,842	8,853	7,0	0,7	0,549	8,293	7,668	7,307	4,086	98,69	70	30
33D	16.2.2009	2,917	6,759	5,5	0,7	0,530	6,262	5,605	5,314	3,018		100	0
34D	17.2.2009	3,308	8,085	6,5	0,7	0,509	7,600	6,962	6,591	3,437		70	30
35D	18.2.2009	2,900	7,262	6,0	0,7	0,483	6,744	6,128	5,746	3,013		60	40
36D	19.2.2009	2,597	7,006	5,0	0,9	0,519	6,455	5,796	5,421	2,647	98,14	50	50
37D	20.2.2009	3,587	9,644	7,0	0,9	0,512	9,012	8,187	7,732	3,956		80	20
38D	21.2.2009	3,363	9,293	8,5	0,7	0,396	8,678	7,917	7,464	3,719		60	40
39D	22.2.2009	3,519	9,852	9,0	0,7	0,391	9,154	8,399	7,965	3,727		50	50
40D	23.2.2009	3,149	8,406	6,0	0,9	0,525	7,680	6,951	6,542	3,287	98,57	90	10
41D	24.2.2009	3,139	8,762	8,0	0,7	0,392	8,159	7,207	6,793	3,338		30	70
42D	25.2.2009	2,854	8,211	6,0	0,9	0,476	7,677	6,826	6,388	3,023		40	60
43D	26.2.2009	3,518	10,222	6,5	1,0	0,541	9,515	8,562	8,066	3,899		90	10
44D	27.2.2009	3,274	7,185	5,0	0,8	0,655	6,637	5,728	5,351	3,402	98,83	80	20

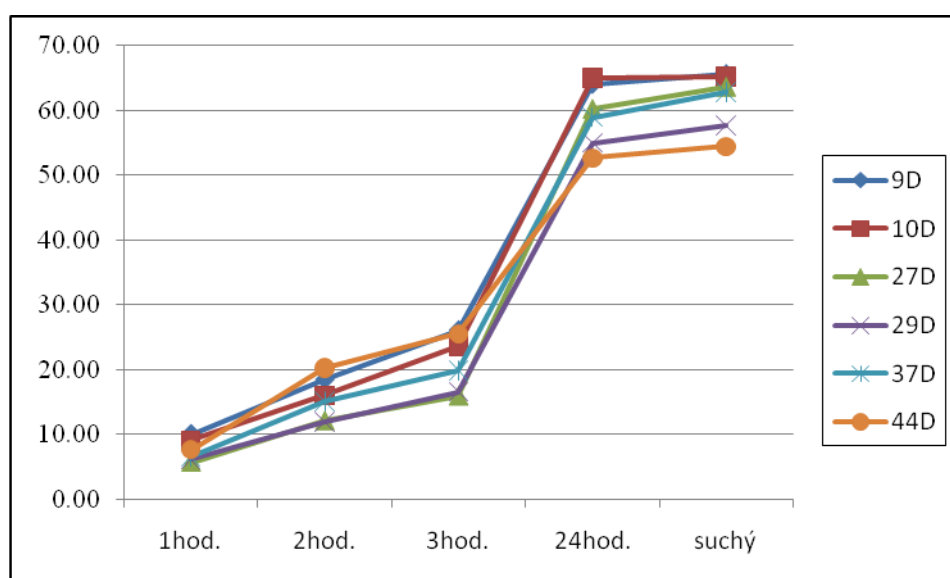
Příloha 2: Grafy ztráty vlhkostí vzorkované štěpky vyjádřené v souvislosti s procentuálním podílem listnatého dřeva ve vzorcích štěpky

Osa x je čas nasávání vzdušné vlhkosti, osa y je vlhkost v %.

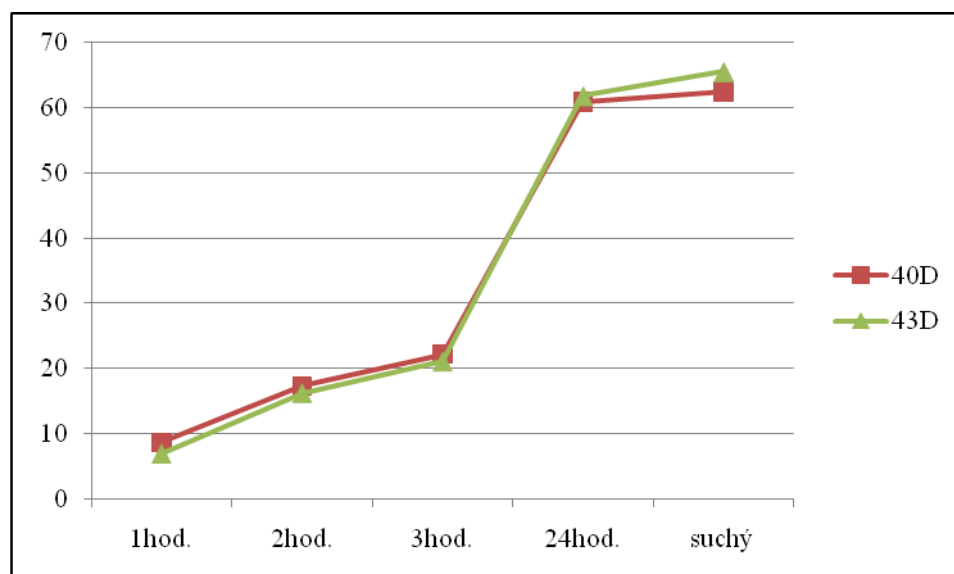
Graf 21: Ztráta vlhkosti u vzorků s 70% podílu listnatého dřeva u vzorkované štěpky (%)



Graf 22: Ztráta vlhkosti u vzorků s 80% podílu listnatého dřeva u vzorkované štěpky (%)



Graf 23: Ztráta vlhkosti u vzorků s 90% podílu listnatého dřeva u vzorkované štěpky (%)



Příloha 3: Emisní faktory vozidel s dieslovým motorem

Tabulka 46: Emisní faktory těžkých nákladních vozidel s dieslovými motory nad 3,5 t (82)

druh automobilové dopravy	emise (g/kg paliva)						
	CO ₂	CH ₄	CO	NO _x	NMVOC	PM	PAH
naftová nákladní	3138	0,06	19,7	35,1	4,8	1,1	0,242

Tabulka 47: Emisní faktory těžkých kovů a perzistentních organických polutantů pro všechny kategorie vozidel (83)

emise (µg/kg paliva)						
kadmium	měď	chrom	nikl	selen	zinek	
0.01	1.7	0.05	0.07	0.01	1	
emise (µg/kg paliva)						
Benzo(b) fluoranthene	Dibenzo(a,h) anthracene	Benzo(a)pyrene	Chrysene	Fluoranthene	Phenanthrene	Benzo(a) anthracene
50	10	30	200	450	2500	80

Příloha 4: Stechiometrické výpočty

Minimální objem kyslíku potřebný pro dokonalé spálení 1 kg paliva se určí ze vztahu

Rovnice 31⁶⁴

$$O_{O_2min} = 22,39 \cdot \left(\frac{C^r}{12,01} + \frac{H^r}{4,032} + \frac{S^r}{32,06} - \frac{O^r}{32} \right) \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

Minimální objem suchého vzduchu potřebný pro dokonalé spálení 1 kg paliva vychází z objemového podílu kyslíku v suchém vzduchu (0,21%)⁶⁵

Rovnice 32⁶⁶

$$O_{VSmin} = \frac{O_{O_2min}}{0,21} \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

Podíl páry připadající na 1 Nm³ se vyjadřuje dle

Rovnice 3⁶⁷

$$\chi_v = 1 + \frac{\varphi}{100} + \frac{p''}{p_c - \frac{\varphi}{100} \cdot p''} \quad (-)$$

Minimální objem vlhkého vzduchu potřebný pro dokonalé spálení 1 kg paliva

⁶⁴ O_{O_2min} - minimální objem kyslíku potřebný pro dokonalé spálení 1kg paliva [Nm³/kg], C^r , H^r , S^r , O^r - hmotnostní podíl složky v palivu (kg)

⁶⁵ V praxi se spalování provádí s větším množstvím vzduchu, neboť spalování s minimálním vzduchem by vedlo k vysokým nedopalům paliva. Minimální objem spalovacího vzduchu je tedy hodnota čistě teoretická (54).

⁶⁶ O_{VSmin} - minimální objem vzduchu potřebný pro dokonalé sspálení 1 kg paliva (Nm³/kg)

⁶⁷ χ_v - součinitel podílu vodní páry, φ - relativní vlhkost vzduchu (%), p'' - parciální tlak vodní páry na mezi sytosti pro danou teplotu vzduchu (MPa), p_c - celkový tlak (obvykle 0,1 Mpa) (MPa)

Rovnice 34

$$O_{VVmin} = \chi_v \cdot O_{VSmin} \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

Objem vodní páry v tomto objemu

Rovnice 35⁶⁸

$$O_{H_2O}^V = O_{VVmin} - O_{VSmin} = (\chi_v - 1) \cdot O_{VSmin} \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

Minimální objem spalin je dán dokonalým spálením 1 kg paliva s minimálním množstvím vzduchu (při $\alpha = 1$). Objem suchých spalin je dán součtem plynných složek, které při spalování vznikají nebo do spalin přecházejí, bez uvažování vlhkosti.

Rovnice 36⁶⁹

$$O_{SSmin} = O_{CO_2} + O_{SO_2} + O_{N_2} + O_{Ar} \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

Objemy jednotlivých složek:

- objem CO_2

Rovnice 37

$$O_{CO_2} = \frac{22,26}{12,01} \cdot C^r + 0,0003 \cdot O_{VSmin} \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

- objem SO_2

Rovnice 38

$$O_{SO_2} = \frac{21,89}{32,06} \cdot S^r \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

⁶⁸ $O_{H_2O}^V$ - objem vodní páry v minimální objem vlhkého vzduchu, potřebného pro dokonalé spálení 1 kg paliv

⁶⁹ O_{SSmin} - objem suchých spalin [Nm^3/kg], O_{CO_2} , O_{SO_2} , O_{N_2} , O_{Ar} - objem plynné složky [Nm^3/kg].

- objem N_2

Rovnice 29

$$O_{N_2} = \frac{22,4}{28,016} \cdot N^r + 0,7805 \cdot O_{VSmin} \quad (Nm^3/kg)$$

- objem Ar (zahrnuje i další vzácné plyny ze vzduchu)

Rovnice 40

$$O_{Ar} = 0,0092 \cdot O_{VSmin} \quad (Nm^3/kg)$$

- objem NO_x palivové vyjádřený formou NO_2 (upravený vzorec viz (84))

Rovnice 41⁷⁰

$$O_{NO_2} = \frac{\frac{22,4}{14,08} \cdot \frac{N^r}{100}}{\left[\frac{1,867 \cdot C}{100} + 0,79 \cdot O_{vsmin} + (\lambda - 1) \cdot O_{vsmin} \right]} \quad (Nm^3/kg)$$

Objem vodní páry v minimálním objemu vlhkých spalin je tvořen vodní párou ze spalování vodíku, odpařenou vlhkostí paliva a vlhkostí vzduchu

Rovnice 42⁷¹

$$O_{H_2O}^S = \frac{44,8}{4,032} \cdot H^r + \frac{22,4}{4,032} \cdot W^r + O_{H_2O}^V \quad (Nm^3/kg)$$

Všechny vyjádřené objemy platí pro normální stav, neodpovídají tedy skutečnému objemu za reálných podmínek.

Minimální objem vlhkých spalin

⁷⁰ O_{NO_2} - objem plynné složky (Nm^3/kg),

⁷¹ $O_{H_2O}^S$ - objem vodní páry v minimálním objemu vlhkých spalin (Nm^3/kg), H^r – množství uhlíku v 1 kg paliva (kg), W^r - odpařená vlhkost (kg).

Rovnice 43

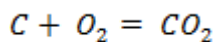
$$O_{SVmin} = O_{SSmin} + O_{H_2O}^S \text{ (Nm}^3\text{/kg)}$$

Tabulka 48: hmotnostní a objemové množství plynů vztažené k 1 kmol plynu za normálního stavu (52)

chemická značka prvku nebo plynu	hmotnostní množství (kg)	objem 1 kmolu (m ³)
C	12.01	
S	32.06	
O ₂	32.0	22.39
CO ₂	44.01	22.26
H ₂	2.016	22.43
CO	28.01	22.4
SO ₂	64.06	21.89
N ₂	28.016	22.4 ⁷²
NO ₂	46.016	22.4 ⁷³

Spalovací výpočty se provádí pro normální stav a umožňují určit následující vztahy pro 1 kmol:

Rovnice 43



Pro spálení 1 kg CO₂ je zapotřebí 32 : 12,01 = 2,667 kg nebo 22,39 : 12,01 = 1,865 m³ O₂, vznikne 44,01 : 12,01 = 3,667 kg nebo 22,26 : 12,01 = 1,855 m³ CO₂. Stejně propočty platí i pro výpočet SO₂.

⁷² Pro ideální plyn

⁷³ Pro ideální plyn

Příloha 5: LCI analýza procesu výroby tepla spalováním štěpky v obecní výtopně Hostětín

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
1	Baryte, in ground		Raw	g	3.24141	x	0.641347	0.71936	0.492544	x	1.38816
2	Bauxite, in ground		Raw	g	2.25223	x	0.00759094	0.0085143	0.00582972	x	2.2303
3	Clay, bentonite, in ground		Raw	g	1.59597	x	0.0512326	0.0574645	0.0393458	x	1.44793
4	Clay, unspecified, in ground		Raw	g	2.85235	x	0.113739	0.127574	0.0873496	x	2.52368
5	Coal, 18 MJ per kg, in ground		Raw	kg	1.10027	x	0.00284347	0.00318935	0.00218374	x	1.09206
6	Coal, brown, 8 MJ per kg, in ground		Raw	kg	1.37686	x	0.0026681	0.00299265	0.00204906	x	1.36915
7	Cobalt, in ground		Raw	ng	70.6345	x	7.2402	8.1209	5.56036	x	49.713
8	Copper, in ground		Raw	g	6.36558	x	0.00305642	0.0034282	0.00234728	x	6.35675
9	Energy, potential (in hydropower reservoir), converted		Raw	MJ	6.09221	x	0.0118624	0.0133053	0.00911014	x	6.05793
10	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/kg		Raw	g	7.42052	x	0.0202926	0.022761	0.0155844	x	7.36188
11	Gas, natural, 35 MJ per m3, in ground		Raw	l	189.119	x	0.392073	0.439765	0.301106	x	187.986
12	Gas, petroleum, 35 MJ per m3, in grand		Raw	l	46.515	x	10.0336	11.2541	7.70562	x	17.5218
13	Gravel, in ground		Raw	g	78.2602	x	1.04219	1.16896	0.800384	x	75.2487

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
14	Chromium, in grand		Raw	mg	83.3571	x	0.737799	0.827545	0.566618	x	81.2251
15	Iron, in ground		Raw	g	27.1751	x	0.717757	0.805065	0.551226	x	25.101
16	Land use II-III		Raw	m2a	0.350072	x	0.00081421	0.00091325	0.0006253	x	0.34772
17	Land use II-III, sea floor		Raw	cm2a	516.581	x	101.964	114.367	78.3068	x	221.943
18	Land use II-IV		Raw	cm2a	58.5464	x	2.30484	2.5852	1.77008	x	51.8863
19	Land use II-IV, sea floor		Raw	cm2a	53.3417	x	10.5346	11.8161	8.09042	x	22.9006
20	Land use III-IV		Raw	cm2a	35.7825	x	1.85389	2.0794	1.42376	x	30.4255
21	Land use IV-IV		Raw	mm2a	27.4412	x	2.60547	2.9224	2.00096	x	19.9124
22	Lead, in ground		Raw	mg	414.202	x	0.444684	0.498775	0.34151	x	412.917
23	Manganese, in grand		Raw	mg	14.343	x	0.206684	0.231825	0.15873	x	13.7458
24	Marl, in ground		Raw	g	31.6268	x	0.603768	0.67721	0.463684	x	29.8822
25	Molybdenum, in grand		Raw	μg	1.14918	x	0.375789	0.4215	0.2886	x	0.0632958
26	Nickel, in ground		Raw	mg	58.9412	x	0.467231	0.524065	0.358826	x	57.5911
27	Oil, crude, 42.6 MJ per kg, in ground		Raw	g	679.397	x	146.558	164.385	112.554	x	255.9
28	Palladium, in ground		Raw	μg	5.26769	x	1.80379	2.0232	1.38528	x	0.0554178
29	Platinum, in ground		Raw	μg	5.92655	x	2.02926	2.2761	1.55844	x	0.0627525
30	Rhenium, in ground		Raw	μg	4.39816	x	1.50316	1.686	1.1544	x	0.0546029

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
31	Rhodium, in ground		Raw	µg	5.59698	x	1.91652	2.14965	1.47186	x	0.0589494
32	Sand, unspecified, in grand		Raw	g	7.08792	x	0.253031	0.28381	0.194324	x	6.35675
33	Silver, in ground		Raw	mg	2.13613	x	0.460968	0.51704	0.354016	x	0.804102
34	Sodium chloride, in grand		Raw	g	1.83975	x	0.0434663	0.0487535	0.0333814	x	1.71415
35	Tin, in ground		Raw	mg	1.19026	x	0.256789	0.288025	0.19721	x	0.448232
36	Uranium, 560 GJ per kg, in ground		Raw	mg	93.4312	x	0.181631	0.203725	0.13949	x	92.9064
37	Volume occupied, reservoir		Raw	m3day	48.463	x	0.0946434	0.106156	0.0726846	x	48.1895
38	Water, turbine use, unspecified natural origin		Raw	m3	31.9644	x	0.0625062	0.0701095	0.0480038	x	31.7838
39	Water, unspecified natural origin/kg		Raw	kg	198.542	x	1.11484	1.25045	0.85618	x	195.321
40	Wood, dry matter		Raw	g	46.5552	x	0.0353242	0.039621	0.0271284	x	46.4532
41	Zinc, in ground		Raw	µg	533.454	x	39.8336	44.679	30.5916	x	418.35
42	Acetaldehyde		Air	mg	2.05113	x	0.00944483	0.0105937	0.00725348	x	2.02384
43	Acetic acid		Air	mg	9.18805	x	0.0397084	0.0445385	0.0304954	x	9.07331
44	Acetone		Air	mg	2.04294	x	0.0094323	0.0105797	0.00724386	x	2.01569
45	Acrolein		Air	ng	34.7724	x	4.40926	4.9456	3.38624	x	22.0313
46	Aldehydes, unspecified		Air	µg	74.582	x	0.145305	0.16298	0.111592	x	74.1621

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
47	Aluminum		Air	mg	69.1815	x	0.150679	0.169007	0.115719	x	68.7461
48	Americium-241		Air	μBq	718.509	x	1.40295	1.5736	1.07744	x	714.455
49	Ammonia		Air	mg	16.0243	x	0.0392449	0.0440187	0.0301395	x	15.9109
50	Antimony		Air	μg	65.6009	x	0.129268	0.144992	0.0992755	x	65.2273
51	Antimony-124		Air	μBq	10.6	x	0.0206684	0.0231825	0.015873	x	10.5403
52	Antimony-125		Air	μBq	1.34955	x	0.002618	0.00293645	0.00201058	x	1.34198
53	Argon-41		Air	Bq	83.8689	x	0.162842	0.18265	0.12506	x	83.3984
54	Arsenic		Air	μg	390.575	x	6.8118	7.64039	5.23136	x	370.892
55	Barium		Air	mg	1.12858	x	0.00228743	0.00256567	0.00175671	x	1.12197
56	Barium-140		Air	μBq	150.801	x	0.293115	0.32877	0.225108	x	149.954
57	Benzaldehyde		Air	ng	11.9318	x	1.51568	1.70005	1.16402	x	7.55204
58	Benzene		Air	mg	9.45791	x	1.13693	1.27523	0.873148	x	6.17259
59	Benzene, ethyl-		Air	mg	7.06853	x	0.274526	0.30792	0.210832	x	6.27525
60	Benzene, hexachloro-		Air	ng	32.086	x	0.0105722	0.0118582	0.00811928	x	32.0554
61	Benzene, pentachloro-		Air	ng	85.6534	x	0.0283094	0.031753	0.0217412	x	85.5716
62	Benzo(a)anthracene		Air	μg	33.7706	x	14.8346	11.24	7.696	x	x
63	Benzo(a)pyrene		Air	μg	16.5748	x	5.64301	4.30476	2.94746	x	3.67955

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
64	Benzo(b)fluoranthene		Air	µg	21.1067	x	9.27165	7.025	4.81	x	x
65	Beryllium		Air	µg	12.0648	x	0.0246192	0.0276139	0.0189071	x	11.9936
66	Boron		Air	mg	52.4559	x	0.102603	0.115083	0.0787973	x	52.1594
67	Bromine		Air	mg	5.38724	x	0.0106257	0.0119182	0.00816036	x	5.35654
68	Butane		Air	mg	61.2725	x	11.1264	12.4798	8.54487	x	29.1215
69	Butene		Air	mg	1.3315	x	0.268063	0.30067	0.205868	x	0.556895
70	Cadmium		Air	µg	192.026	x	13.6819	16.7491	10.507	x	151.088
71	Calcium		Air	mg	84.3024	x	0.235657	0.264323	0.180981	x	83.6214
72	Carbon-14		Air	Bq	57.9161	x	0.112486	0.126169	0.0863876	x	57.5911
73	Carbon dioxide		Air	kg	4.57284	x	0.0935214	0.104897	0.0718229	x	4.3026
74	Carbon dioxide, fotil		Air	kg	1.32429	x	0.581888	0.440664	0.301735	x	x
75	Carbon monoxide		Air	g	3.58831	x	0.0871956	0.0978021	1.96E+00	x	1.44195
76	Carbon monoxide, biogenic		Air	g	29.74	29.74	x	x	x	x	x
77	Carbon monoxide, fotil		Air	g	6.42072	x	3.65287	2.76785	x	x	x
78	Cerium-141		Air	µBq	3.57885	x	0.00697715	0.00782585	0.00535834	x	3.55869
79	Cerium-144		Air	mBq	7.65E+00	x	1.49E-02	1.67E-02	1.14E-02	x	7.60637
80	Cesium-134		Air	mBq	27.3191	x	5.31E-02	5.96E-02	4.08E-02	x	27.1656

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
81	Cesium-137		Air	mBq	52.7261	x	0.10259	0.11507	0.0787878	x	52.4296
82	Cobalt		Air	μg	593.184	x	14.9718	16.793	11.4981	x	549.921
83	Cobalt-57		Air	nBq	66.3852	x	0.129021	0.144715	0.099086	x	66.0124
84	Cobalt-58		Air	mBq	1.09821	x	0.00212947	0.0023885	0.0016354	x	1.09206
85	Cobalt-60		Air	mBq	1.63366	x	0.00316915	0.00355465	0.00243386	x	1.6245
86	Copper		Air	mg	1.63793	x	0.031944	0.274326	0.024454	x	1.30721
87	Curium-242		Air	nBq	3.80E+00	x	7.38E-03	8.28E-03	5.67E-03	x	3.77602
88	Curium-244		Air	nBq	34.4223	x	0.0670157	0.0751675	0.051467	x	34.2287
89	Curium alpha		Air	mBq	1.14193	x	0.00221716	0.00248685	0.00170274	x	1.13552
90	Cyanide		Air	μg	34.0471	x	0.21921	0.245875	0.16835	x	33.4137
91	Dibenz(a,h)anthracene		Air	μg	4.22133	x	1.85433	1.405	0.962	x	x
92	Dinitrogen monoxide		Air	mg	183.032	x	1.58909	1.78238	1.22039	x	178.44
93	Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin		Air	pg	964.373	x	2.81842	3.16125	2.1645	x	956.229
94	Ethane		Air	mg	46.3129	x	2.77459	3.11209	2.13084	x	38.2953
95	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a		Air	pg	-3.33E-06	x	1.44E-07	1.62E-07	1.11E-07	x	-3.75E-06

	Látka sloučenina nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
96	Ethane, 1,2-dichloro- 1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Air	µg	781.316	x	1.51568	1.70005	1.16402	x	776.936
97	Ethane, dichloro-	Air	mg	2.67924	x	0.000248021	0.00027819	0.000190476	x	2.67853
98	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	µg	24.4702	x	0.0825483	0.0925895	0.0633958	x	24.2317
99	Ethanol	Air	mg	4.09406	x	0.0188269	0.021117	0.0144588	x	4.03966
100	Ethene	Air	mg	7.6784	x	0.693343	0.777682	0.532477	x	5.67489
101	Ethene, chloro-	Air	µg	437.483	x	0.0403347	0.045241	0.0309764	x	437.366
102	Ethyne	Air	µg	79.6086	x	0.568694	0.63787	0.436748	x	77.9653
103	Fluoranthene	Air	µg	189.96	x	83.4449	63.225	43.29	x	x
104	Formaldehyde	Air	mg	14.3926	x	0.0444806	0.0498912	0.0341604	x	14.2641
105	Heat, waste	Air	MJ	252.32	190	1.38748	1.55625	1.06556	x	58.311
106	Helium	Air	mg	46.8599	x	10.1087	11.3384	7.76334	x	17.6495
107	Heptane	Air	mg	12.2194	x	2.63052	2.9505	2.0202	x	4.61815
108	Hexane	Air	mg	25.6969	x	5.53662	6.2101	4.25204	x	9.69812
109	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Air	mg	27.4309	x	2.89332	3.24527	2.22203	x	19.0703
110	Hydrocarbons, aliphatic, alkenes, unspecified	Air	mg	6.37352	x	0.0141898	0.0159158	0.0108975	x	6.33252

	Látka sloučenina nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
111	Hydrocarbons, aromatic	Air	µg	844.017	x	7.13097	7.99838	5.47647	x	823.411
112	Hydrogen-3, Tritium	Air	Bq	598.278	x	1.15994	1.30103	0.890812	x	594.927
113	Hydrogen fluoride	Air	mg	105.807	x	0.273587	0.306866	0.21011	x	105.017
114	Hydrogen chloride	Air	mg	803.241	x	2.20187	2.46971	1.691	x	796.878
115	Hydrogen sulfide	Air	mg	5.0785	x	0.0446187	0.0500461	0.0342664	x	4.94957
116	Chloroform	Air	µg	70.9211	x	0.00655125	0.00734815	0.00503126	x	70.9022
117	Chromium	Air	µg	538.611	x	8.70002	79.9979	6.67917	x	443.234
118	Chromium-51	Air	µBq	135.777	x	0.264305	0.296455	0.202982	x	135.013
119	Chrysene	Air	µg	84.4266	x	37.0866	28.1	19.24	x	x
120	Iodine	Air	mg	2.44091	x	0.00478421	0.00536616	0.0036742	x	2.42708
121	Iodine-129	Air	mBq	205.712	x	0.399589	0.448195	0.306878	x	204.557
122	Iodine-131	Air	mBq	22.8114	x	0.0443431	0.049737	0.0340548	x	22.6833
123	Iodine-133	Air	mBq	12.7852	x	0.0248021	0.027819	0.0190476	x	12.7135
124	Iodine-135	Air	mBq	19.1506	x	0.0372031	0.0417285	0.0285714	x	19.0431
125	Iron	Air	mg	48.6124	x	0.218333	0.244892	0.167677	x	47.9815
126	Iron-59	Air	µBq	1.50254	x	0.00291863	0.00327365	0.00224146	x	1.49411
127	Krypton-85	Air	kBq	3551.4	x	6.87694	7.71345	5.28138	x	3531.53

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
128	Krypton-85m		Air	Bq	4.17986	x	0.0081421	0.0091325	0.006253	x	4.15634
129	Krypton-87		Air	Bq	1.87138	x	0.00364515	0.00408855	0.00279942	x	1.86084
130	Krypton-88		Air	Bq	167.191	x	0.324431	0.363895	0.249158	x	166.253
131	Krypton-89		Air	Bq	1.31133	x	0.00255537	0.0028662	0.00196248	x	1.30395
132	Lanthanum		Air	μg	32.52	x	0.0667777	0.0749005	0.0512842	x	32.3271
133	Lanthanum-140		Air	μBq	95.6153	x	0.185389	0.20794	0.142376	x	95.0796
134	Lead		Air	mg	2.52735	x	0.0313533	0.0351672	0.0240789	x	2.43675
135	Lead-210		Air	mBq	634.133	x	1.25263	1.405	0.962	x	630.514
136	Magnesium		Air	mg	24.6691	x	0.0522597	0.0586166	0.0401346	x	24.518
137	Manganese		Air	mg	1.70144	x	0.0341454	0.0382989	0.0262232	x	1.60277
138	Manganese-54		Air	μBq	39.3389	x	0.0762852	0.0855645	0.0585858	x	39.1185
139	Mercury		Air	μg	258.747	x	1.50428	1.68726	1.15527	x	254.4
140	Methane		Air	g	9.76374	x	0.60211	0.67151	0.459929	x	8.03019
141	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301		Air	μg	263.486	x	56.8694	63.787	43.6748	x	99.1544
142	Methane, dichloro-, HCC-30		Air	μg	7.83232	x	0.0311905	0.0349845	0.0239538	x	7.7422
143	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12		Air	μg	6.36535	x	0.012376	0.0138814	0.00950456	x	6.32958

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
144	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21		Air	µg	41.4701	x	1.37789	1.5455	1.0582	x	37.4885
145	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22		Air	µg	8.27063	x	0.0136537	0.0153145	0.0104858	x	8.23118
146	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13		Air	µg	3.98862	x	7.77E-03	8.71E-03	5.96E-03	x	3.96618
147	Methane, tetrafluoro- , CFC-14		Air	µg	220.286	x	0.74281	0.833165	0.570466	x	218.14
148	Methane, tetrachloro-, CFC-10		Air	µg	633.142	x	0.0636336	0.071374	0.0488696	x	632.958
149	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11		Air	µg	29.5054	x	0.057621	0.06463	0.044252	x	29.3388
150	Methanol		Air	mg	4.12441	x	0.0265558	0.029786	0.0203944	x	4.04767
151	Molybdenum		Air	µg	208.598	x	7.6129	8.53894	5.84659	x	186.6
152	Neptunium-237		Air	nBq	37.7003	x	0.0732789	0.0821925	0.056277	x	37.4885
153	Nickel		Air	mg	5.08246	x	0.319296	0.365145	0.245211	x	4.15281
154	Niobium-95		Air	µBq	6.93915	x	0.0135284	0.015174	0.0103896	x	6.90006
155	Nitrogen		Air	mg	51.1229	x	0.11186	0.125467	0.0859066	x	50.7997
156	Nitrogen oxides		Air	g	128.726	105.53	6.84176	5.30445	3.63342	x	7.41621
157	NM VOC, non- methane volatile organic compounds,		Air	g	5.27079	x	1.10073	1.23462	0.845344	x	2.09009

	Látka sloučenina	nebo Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
	unspecified origin									
158	Noble gases, radioactive, unspecified	Air	Bq	4.99947	x	0.00974546	0.0109309	0.00748436	x	4.9713
159	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Air	mg	102.313	x	44.8548	34.0018	23.3106	x	0.145976
160	Particulates	Air	mg	464.401	x	204.031	154.55	105.82	x	x
161	Particulates, < 10 um (mobile)	Air	mg	35.5997	x	2.73073	3.0629	2.09716	x	27.7089
162	Particulates, < 10 um (stationary)	Air	g	49.9773	48.81	0.0392073	0.0439765	0.0301106	x	1.05403
163	Particulates, > 10 um (process)	Air	g	4.18957	2.04	0.0115492	0.0129541	0.00886964	x	2.1162
164	Pentane	Air	mg	79.7151	x	14.0585	15.7686	10.7967	x	39.0913
165	Phenanthrene	Air	mg	1.05533	x	0.463583	0.35125	0.2405	x	x
166	Phenol	Air	µg	7.76024	x	0.0344473	0.0386375	0.026455	x	7.6607
167	Phenol, pentachloro-	Air	ng	13.8405	x	0.00455957	0.0051142	0.00350168	x	13.8273
168	Phosphorus, total	Air	mg	1.10599	x	0.00658082	0.00738131	0.00505396	x	1.08698
169	Platinum	Air	ng	34.8174	x	4.54705	5.10015	3.49206	x	21.6781
170	Plutonium-238	Air	nBq	85.7814	x	0.1666	0.186865	0.127946	x	85.3
171	Plutonium-241	Air	mBq	62.8334	x	0.122006	0.136847	0.0936988	x	62.4809
172	Plutonium-alpha	Air	mBq	2.28386	x	0.00443431	0.0049737	0.00340548	x	2.27104

	Látka sloučenina	nebo Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
173	Polonium-210	Air	mBq	945.645	x	1.88396	2.11312	1.44685	x	940.201
174	Potassium	Air	mg	14.0994	x	0.141171	0.158344	0.108417	x	13.6915
175	Potassium-40	Air	mBq	107.93	x	0.216705	0.243065	0.166426	x	107.304
176	Promethium-147	Air	mBq	19.4237	x	0.0377042	0.0422905	0.0289562	x	19.3147
177	Propane	Air	mg	63.781	x	10.9979	12.3357	8.44623	x	32.0011
178	Propene	Air	mg	3.10004	x	0.530376	0.594891	0.40732	x	1.56746
179	Propionic acid	Air	μg	134.701	x	0.268063	0.30067	0.205868	x	133.926
180	Protactinium-234	Air	mBq	22.8661	x	0.0444684	0.0498775	0.034151	x	22.7376
181	Radioactive species, other beta emitters	Air	μBq	4.83557	x	0.0094323	0.0105797	0.00724386	x	4.80831
182	Radium-226	Air	mBq	816.291	x	1.58583	1.77873	1.21789	x	811.708
183	Radium-228	Air	mBq	53.0078	x	0.106098	0.119004	0.0814814	x	52.7013
184	Radon-220	Air	Bq	4.99997	x	0.00992083	0.0111276	0.00761904	x	4.9713
185	Radon-222	Air	kBq	5136.56	x	9.99162	11.207	7.67341	x	5107.69
186	Ruthenium-103	Air	nBq	393.385	x	0.761599	0.85424	0.584896	x	391.185
187	Ruthenium-106	Air	mBq	228.386	x	0.443431	0.49737	0.340548	x	227.104
188	Scandium	Air	μg	10.8754	x	0.0224359	0.025165	0.0172304	x	10.8106
189	Selenium	Air	μg	742.393	x	8.94758	11.233	6.73015	x	715.482

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
190	Silicon		Air	mg	254.037	x	0.512351	0.574673	0.393477	x	252.556
191	Silver-110		Air	μBq	38.7923	x	0.0751578	0.0843	0.05772	x	38.5752
192	Sodium		Air	mg	13.5322	x	0.368876	0.413746	0.283291	x	12.4663
193	Strontium		Air	mg	1.11224	x	0.0022749	0.00255162	0.00174709	x	1.10567
194	Strontium-89		Air	μBq	68.5693	x	0.132779	0.14893	0.101972	x	68.1857
195	Strontium-90		Air	mBq	37.7003	x	0.0732789	0.0821925	0.056277	x	37.4885
196	Sulfur dioxide		Air	g	18.32	18.32	x	x	x	x	x
197	Sulfur oxides		Air	g	28.2703	x	0.596628	0.669202	0.458201	x	26.5462
198	t-Butyl methyl ether		Air	ng	916.233	x	78.2894	87.8125	60.125	x	690.006
199	Technetium-99		Air	μBq	1.59816	x	0.00310652	0.0034844	0.00238576	x	1.58919
200	Tellurium-123m		Air	μBq	172.657	x	0.335705	0.37654	0.257816	x	171.687
201	Thallium		Air	μg	7.95181	x	0.0161351	0.0180978	0.0123915	x	7.90519
202	Thorium		Air	μg	20.9027	x	0.0423527	0.0475045	0.0325262	x	20.7803
203	Thorium-228		Air	mBq	44.8111	x	0.0898136	0.100739	0.0689754	x	44.5516
204	Thorium-230		Air	mBq	254.341	x	0.494789	0.554975	0.37999	x	252.912
205	Thorium-232		Air	mBq	28.4169	x	0.0569947	0.0639275	0.043771	x	28.2522
206	Thorium-234		Air	mBq	22.8661	x	0.0444684	0.0498775	0.034151	x	22.7376
207	Tin		Air	μg	23.8822	x	0.0481774	0.0540377	0.0369995	x	23.743

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
208	Titanium		Air	mg	3.10458	x	0.00634958	0.00712195	0.00487638	x	3.08623
209	Toluene		Air	mg	11.9785	x	1.62586	1.82363	1.24864	x	7.28038
210	Uranium		Air	μg	23.4443	x	0.04705	0.0527732	0.0361337	x	23.3084
211	Uranium-234		Air	mBq	273.194	x	0.532368	0.597125	0.40885	x	271.656
212	Uranium-235		Air	mBq	13.277	x	0.0258042	0.028943	0.0198172	x	13.2025
213	Uranium-238		Air	mBq	351.612	x	0.688947	0.77275	0.5291	x	349.621
214	Uranium alpha		Air	mBq	819.565	x	1.59084	1.78435	1.22174	x	814.968
215	Vanadium		Air	mg	17.3097	x	1.18771	1.33219	0.912146	x	13.8776
216	VOC, volatile organic compounds		Air	g	2.02851	8.539	0.89161	0.6744	0.4625	x	x
217	Water		Air	kg	22.2401	0.00312	x	x	x	22.237	x
218	Xenon-131m		Air	Bq	8.63283	x	0.0167852	0.018827	0.0128908	x	8.58433
219	Xenon-133		Air	Bq	2543.41	x	4.94789	5.54975	3.7999	x	2529.12
220	Xenon-133m		Air	Bq	1.27852	x	0.00248021	0.0027819	0.00190476	x	1.27135
221	Xenon-135		Air	Bq	434.369	x	0.84302	0.945565	0.647426	x	431.933
222	Xenon-135m		Air	Bq	42.8907	x	0.0832999	0.0934325	0.063973	x	42.65
223	Xenon-137		Air	Bq	1.06271	x	0.00206684	0.00231825	0.0015873	x	1.05674
224	Xenon-138		Air	Bq	11.6105	x	0.0225473	0.02529	0.017316	x	11.5454

	Látka sloučenina	nebo Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
225	Xylene	Air	mg	30.0892	x	1.10858	1.24343	0.85137	x	26.8858
226	Zinc	Air	mg	3.40374	x	0.0481404	0.194494	0.0370659	x	3.12404
227	Zinc-65	Air	μBq	168.285	x	0.326936	0.366705	0.251082	x	167.34
228	Zirconium	Air	μg	1.35467	x	0.010973	0.0123078	0.00842712	x	1.32296
229	Zirconium-95	Air	μBq	2.51335	x	0.00488526	0.0054795	0.0037518	x	2.49924
230	Acenaphthylene	Water	mg	2.20554	x	0.000835504	0.000937135	0.000641654	x	2.20313
231	Acids, unspecified	Water	μg	459.564	x	2.98126	3.3439	2.28956	x	450.949
232	Aluminum	Water	g	1.81854	x	0.00509664	0.00571659	0.00391414	x	1.80381
233	Americium-241	Water	mBq	94.7967	x	0.184137	0.206535	0.141414	x	94.2646
234	Ammonia, as N	Water	mg	64.9294	x	12.0628	13.5302	9.26406	x	30.0723
235	Antimony	Water	μg	28.2473	x	0.0923188	0.103548	0.0708994	x	27.9806
236	Antimony-122	Water	μBq	472.629	x	0.921936	1.03408	0.708032	x	469.965
237	Antimony-124	Water	mBq	68.0224	x	0.131526	0.147525	0.10101	x	67.6423
238	Antimony-125	Water	mBq	3.85207	x	0.00751578	0.00843	0.005772	x	3.83035
239	AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	Water	μg	133.515	x	29.8001	33.4249	22.886	x	47.404
240	Arsenic, ion	Water	mg	3.60831	x	0.0158458	0.0177733	0.0121693	x	3.56252
241	Barite	Water	mg	642.672	x	126.516	141.905	97.162	x	277.089

	Látka sloučenina	nebo Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
242	Barium	Water	mg	226.94	x	19.0274	21.342	14.6128	x	171.958
243	Barium-140	Water	μBq	472.629	x	0.921936	1.03408	0.708032	x	469.965
244	Benzene	Water	mg	4.46524	x	0.955631	1.07187	0.73391	x	1.70383
245	Benzene, ethyl-	Water	μg	817.521	x	176.12	197.543	135.257	x	308.601
246	Benzene, chloro-	Water	pg	192.112	x	1.428	1.6017	1.09668	x	187.986
247	Beryllium	Water	μg	3.25117	x	0.00638841	0.0071655	0.0049062	x	3.23271
248	BOD5, Biological Oxygen Demand	Water	mg	7.06914	x	1.00962	1.13243	0.775372	x	4.15172
249	Boron	Water	mg	3.83275	x	0.25466	0.285637	0.195575	x	3.09688
250	Cadmium-109	Water	μBq	2.73194	x	0.00532368	0.00597125	0.0040885	x	2.71656
251	Cadmium, ion	Water	μg	149.864	x	9.03146	10.13	6.93602	x	123.766
252	Calcium, ion	Water	g	3.17998	x	0.291988	0.327506	0.224242	x	2.33624
253	Carbon-14	Water	Bq	4.80808	x	0.00931957	0.0104532	0.00715728	x	4.78115
254	Cerium-141	Water	μBq	70.7571	x	0.137789	0.15455	0.10582	x	70.3589
255	Cerium-144	Water	Bq	2.16917	x	0.0042214	0.00473489	0.00324197	x	2.15697
256	Cesium	Water	μg	34.3148	x	7.35043	8.24454	5.64502	x	13.0748
257	Cesium-134	Water	Bq	4.86271	x	0.00942566	0.0105722	0.00723876	x	4.83548
258	Cesium-136	Water	μBq	2.5407	x	0.00494789	0.00554975	0.0037999	x	2.5264

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
259	Cesium-137		Water	Bq	44.653	x	0.086796	0.0973539	0.0666579	x	44.4022
260	Cobalt		Water	mg	3.50358	x	0.00913167	0.0102425	0.00701298	x	3.4772
261	Cobalt-57		Water	μBq	486.281	x	0.945736	1.06078	0.72631	x	483.548
262	Cobalt-58		Water	mBq	412.51	x	0.799178	0.89639	0.613756	x	410.201
263	Cobalt-60		Water	Bq	20.9973	x	0.0407869	0.0457482	0.0313237	x	20.8795
264	COD, Chemical Oxygen Demand		Water	mg	109.597	x	26.5808	29.8141	20.4136	x	32.7889
265	Copper, ion		Water	mg	9.0343	x	0.0374161	0.0419674	0.0287349	x	8.92618
266	Curium alpha		Water	mBq	125.668	x	0.244263	0.273975	0.18759	x	124.962
267	Cyanide		Water	μg	302.958	x	33.1321	37.1622	25.4449	x	207.219
268	DOC, Dissolved Organic Carbon		Water	mg	2.79033	x	0.00578715	0.0064911	0.00444444	x	2.77361
269	Ethane, 1,1,1- trichloro-, HCFC- 140		Water	ng	76.8055	x	0.350736	0.3934	0.26936	x	75.792
270	Ethane, dichloro-		Water	mg	1.37767	x	0.000127768	0.00014331	9.81E-05	x	1.3773
271	Ethane, hexachloro-		Water	ng	30.7053	x	0.00283094	0.0031753	0.00217412	x	30.6971
272	Ethene, chloro-		Water	μg	1.03257	x	9.55E-05	0.000107061	7.33E-05	x	1.03229
273	Ethene, tetrachloro-		Water	μg	3.64116	x	0.000336957	0.000377945	0.000258778	x	3.64019
274	Ethene, trichloro-		Water	μg	229.611	x	0.0212947	0.023885	0.016354	x	229.549
275	Fatty acids as C		Water	mg	172.691	x	37.153	41.6723	28.5329	x	65.3333

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
276	Fluoride		Water	mg	12.2413	x	0.934713	1.04841	0.717844	x	9.54029
277	Formaldehyde		Water	ng	209.336	x	1.18374	1.32773	0.90909	x	205.915
278	Glutaraldehyde		Water	μg	79.474	x	15.6579	17.5625	12.025	x	34.2287
279	Heat, waste		Water	MJ	1.6197	x	0.203565	0.228327	0.156335	x	1.03148
280	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified		Water	mg	4.45383	x	0.95488	1.07103	0.733333	x	1.69459
281	Hydrocarbons, aliphatic, alkenes, unspecified		Water	μg	411.115	x	88.1601	98.8839	67.7056	x	156.365
282	Hydrocarbons, aromatic		Water	mg	20.573	x	4.38295	4.9161	3.36604	x	7.90791
283	Hydrocarbons, unspecified		Water	μg	603.978	x	2.1921	2.45875	1.6835	x	597.643
284	Hydrogen-3, Tritium		Water	Bq	142196	x	276.618	310.266	212.438	x	141397
285	Hydrogen sulfide		Water	μg	84.3599	x	0.99083	1.11135	0.760942	x	81.4968
286	Hypochlorite		Water	mg	15.1899	x	0.0297124	0.0333266	0.0228186	x	15.1041
287	Hypochlorous acid		Water	mg	15.1899	x	0.0297124	0.0333266	0.0228186	x	15.1041
288	Chloride		Water	g	29.9685	x	4.01593	4.50443	3.08417	x	18.3639
289	Chlorinated solvents, unspecified		Water	μg	3.00038	x	0.0794167	0.089077	0.0609908	x	2.77089
290	Chloroform		Water	μg	842.359	x	0.0779136	0.087391	0.0598364	x	842.134
291	Chromium-51		Water	mBq	10.4087	x	0.0202926	0.022761	0.0155844	x	10.3501

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
292	Chromium VI		Water	µg	3.57951	x	0.00720262	0.00807875	0.0055315	x	3.55869
293	Chromium, ion		Water	mg	18.122	x	0.112361	0.126029	0.0862914	x	17.7973
294	Iodide		Water	mg	3.40404	x	0.735043	0.824454	0.564502	x	1.28004
295	Iodine-129		Water	Bq	13.7142	x	0.026681	0.0299265	0.0204906	x	13.6371
296	Iodine-131		Water	mBq	9.07002	x	0.0176621	0.0198105	0.0135642	x	9.01898
297	Iodine-133		Water	mBq	2.16643	x	0.00422136	0.00473485	0.00324194	x	2.15423
298	Iron		Water	g	2.77006	x	0.00865442	0.00970715	0.00664646	x	2.74506
299	Iron-59		Water	µBq	8.38689	x	0.0162842	0.018265	0.012506	x	8.33984
300	Lanthanum-140		Water	µBq	98.0783	x	0.191652	0.214965	0.147186	x	97.5245
301	Lead		Water	mg	11.0366	x	0.0481636	0.0540223	0.0369889	x	10.8974
302	Lead-210		Water	mBq	273.22	x	0.541136	0.60696	0.415584	x	271.656
303	Magnesium		Water	g	1.52944	x	0.016184	0.0181526	0.012429	x	1.48267
304	Manganese		Water	mg	44.3187	x	0.536126	0.60134	0.411736	x	42.7695
305	Manganese-54		Water	Bq	3.21551	x	0.00625037	0.00701067	0.00480019	x	3.19745
306	Mercury		Water	µg	4.52319	x	0.12376	0.138814	0.0950456	x	4.16557
307	Methane, dichloro-, HCC-30		Water	µg	313.558	x	58.4978	65.6135	44.9254	x	144.521
308	Methane, tetrachloro-, CFC-10		Water	µg	5.54327	x	0.000513578	0.00057605	0.00039442	x	5.54178

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
309	Molybdenum		Water	mg	6.58599	x	0.0216079	0.0242363	0.0165945	x	6.52355
310	Molybdenum-99		Water	μBq	33.0564	x	0.0643852	0.072217	0.0494468	x	32.8704
311	Neptunium-237		Water	mBq	6.06475	x	0.0117622	0.013193	0.00903318	x	6.03076
312	Nickel, ion		Water	mg	9.04051	x	0.0450947	0.05058	0.034632	x	8.91021
313	Niobium-95		Water	μBq	268.823	x	0.523599	0.58729	0.402116	x	267.31
314	Nitrate		Water	mg	55.9964	x	5.13578	5.7605	3.9442	x	41.1559
315	Nitrite		Water	mg	3.8016	x	0.00763102	0.00855926	0.0058605	x	3.77955
316	Nitrogen, organic bound		Water	mg	9.00125	x	2.58292	2.89711	1.98364	x	1.53757
317	Nitrogen, total		Water	mg	62.6579	x	15.9961	17.9419	12.2847	x	16.4352
318	Oils, unspecified		Water	mg	628.521	x	134.545	150.911	103.328	x	239.736
319	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons		Water	μg	455.362	x	95.5381	107.159	73.3717	x	179.293
320	Phenols, unspecified		Water	mg	4.51133	x	0.910662	1.02144	0.699374	x	1.87986
321	Phosphate		Water	mg	107.039	x	0.365142	0.409558	0.280423	x	105.984
322	Phosphorus compounds, unspecified		Water	μg	21.5625	x	3.57	4.00425	2.7417	x	11.2466
323	Phthalate, dimethyl tere-		Water	μg	1.406	x	0.000532368	0.000597125	0.00040885	x	1.40446
324	Phthalate, dioctyl-		Water	ng	122.557	x	0.0139042	0.0155955	0.0106782	x	122.517

	Látka sloučenina nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
325	Phthalate, p-dibutyl-	Water	ng	223.274	x	0.0846778	0.094978	0.0650312	x	223.03
326	Plutonium-241	Water	Bq	9.37029	x	0.0181631	0.0203725	0.013949	x	9.3178
327	Plutonium-alpha	Water	mBq	377.003	x	0.732789	0.821925	0.56277	x	374.885
328	Polonium-210	Water	mBq	273.22	x	0.541136	0.60696	0.415584	x	271.656
329	Potassium	Water	mg	699.694	x	37.8545	42.4591	29.0716	x	590.308
330	Potassium-40	Water	mBq	344.252	x	0.680178	0.762915	0.522366	x	342.287
331	Protactinium-234	Water	mBq	423.445	x	0.822978	0.923085	0.632034	x	421.067
332	Radioactive species, alpha emitters	Water	μBq	31.1443	x	0.0607526	0.0681425	0.046657	x	30.9688
333	Radioactive species, from fission and activation	Water	mBq	284.118	x	0.55241	0.619605	0.424242	x	282.522
334	Radioactive species, Nuclides, unspecified	Water	μBq	205.165	x	0.398336	0.44679	0.305916	x	204.014
335	Radium-224	Water	Bq	1.70338	x	0.367522	0.412227	0.282251	x	0.64138
336	Radium-226	Water	Bq	1748.94	x	4.12366	4.62526	3.1669	x	1737.02
337	Radium-228	Water	Bq	3.40404	x	0.735043	0.824454	0.564502	x	1.28004
338	Ruthenium	Water	μg	342.768	x	73.5043	82.4454	56.4502	x	130.368
339	Ruthenium-103	Water	μBq	158.726	x	0.3094	0.347035	0.237614	x	157.832
340	Ruthenium-106	Water	Bq	22.8386	x	0.0443431	0.049737	0.0340548	x	22.7104

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
341	Salts, unspecified		Water	g	4.86306	x	0.00954504	0.0107061	0.00733044	x	4.83548
342	Selenium		Water	mg	9.10744	x	0.0292489	0.0328068	0.0224627	x	9.02292
343	Silicon		Water	μg	903.762	x	65.5125	73.4815	50.3126	x	714.455
344	Silver		Water	μg	22.6275	x	4.4556	4.99758	3.42183	x	9.75245
345	Silver-110		Water	mBq	263.628	x	0.512326	0.574645	0.393458	x	262.148
346	Sodium-24		Water	mBq	14.5886	x	0.0284347	0.0318935	0.0218374	x	14.5064
347	Sodium, ion		Water	g	12.9623	x	2.40254	2.69479	1.84512	x	6.0199
348	Solved substances		Water	mg	747.97	x	1.91527	2.14825	1.4709	x	742.436
349	Strontium		Water	mg	227.054	x	44.5435	49.9618	34.2087	x	98.3395
350	Strontium-89		Water	mBq	1.0709	x	0.00207937	0.0023323	0.00159692	x	1.06489
351	Strontium-90		Water	Bq	4.56271	x	0.00888192	0.00996231	0.00682117	x	4.53705
352	Sulfate		Water	g	18.8411	x	0.188145	0.211031	0.144492	x	18.2974
353	Sulfide		Water	mg	1.12391	x	0.240505	0.26976	0.184704	x	0.428945
354	Sulfur trioxide		Water	mg	7.50947	x	0.00407105	0.00456625	0.0031265	x	7.49771
355	t-Butyl methyl ether		Water	ng	87.7233	x	6.41347	7.1936	4.92544	x	69.1908
356	Technetium-99		Water	Bq	2.3986	x	0.00465978	0.0052266	0.00357864	x	2.38514
357	Technetium-99m		Water	μBq	223.199	x	0.434663	0.487535	0.333814	x	221.943
358	Tellurium-123m		Water	μBq	19.9703	x	0.0388315	0.043555	0.029822	x	19.8581

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
359	Tellurium-132		Water	μBq	8.19565	x	0.0159084	0.0178435	0.0122174	x	8.14968
360	Thorium-228		Water	Bq	6.79397	x	1.46558	1.64385	1.12554	x	2.559
361	Thorium-230		Water	Bq	66.1136	x	0.129021	0.144715	0.099086	x	65.7408
362	Thorium-232		Water	mBq	64.2047	x	0.126516	0.141905	0.097162	x	63.8392
363	Thorium-234		Water	mBq	426.18	x	0.829241	0.93011	0.636844	x	423.783
364	Tin, ion		Water	μg	18.0868	x	0.0357	0.0400425	0.027417	x	17.9836
365	Titanium, ion		Water	mg	105.648	x	0.273073	0.30629	0.209716	x	104.859
366	TOC, Total Organic Carbon		Water	mg	586.921	x	111.359	124.905	85.5218	x	265.136
367	Toluene		Water	mg	3.71325	x	0.794668	0.891332	0.610293	x	1.41696
368	Tributyltin		Water	μg	62.2329	x	6.40094	7.17955	4.91582	x	43.7366
369	Triethylene glycol		Water	mg	2.79033	x	0.00578715	0.0064911	0.00444444	x	2.77361
370	Tungsten		Water	μg	82.7932	x	0.1666	0.186865	0.127946	x	82.3118
371	Undissolved substances		Water	g	2.23731	x	0.394453	0.442435	0.302934	x	1.09749
372	Uranium-234		Water	mBq	565.506	x	1.09981	1.23359	0.844636	x	562.328
373	Uranium-235		Water	mBq	844.159	x	1.64095	1.84055	1.26022	x	839.417
374	Uranium-238		Water	Bq	1.43427	x	0.00279336	0.00313315	0.00214526	x	1.42619
375	Uranium alpha		Water	Bq	27.6709	x	0.0537654	0.0603054	0.041291	x	27.5155

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
376	Vanadium, ion		Water	mg	9.57165	x	0.0301258	0.0337903	0.0231361	x	9.4846
377	VOC, volatile organic compounds as C		Water	mg	11.9361	x	2.57666	2.89009	1.97883	x	4.49047
378	Xylene		Water	mg	3.2242	x	0.690575	0.774577	0.530351	x	1.2287
379	Yttrium-90		Water	μBq	54.6389	x	0.106474	0.119425	0.08177	x	54.3312
380	Zinc-65		Water	mBq	30.8701	x	0.0598757	0.067159	0.0459836	x	30.6971
381	Zinc, ion		Water	mg	19.3997	x	0.232363	0.260628	0.178451	x	18.7282
382	Zirconium-95		Water	mBq	194.302	x	0.377169	0.423048	0.28966	x	193.212
383	Aluminum		Soil	mg	42.4705	x	8.41767	9.4416	6.46464	x	18.1466
384	Arsenic		Soil	μg	16.99	x	3.36957	3.77945	2.58778	x	7.25322
385	Cadmium		Soil	ng	694.25	x	145.305	162.98	111.592	x	274.373
386	Calcium		Soil	mg	169.9	x	33.6957	37.7945	25.8778	x	72.5322
387	Carbon		Soil	mg	131.611	x	26.18	29.3645	20.1058	x	55.9611
388	Cobalt		Soil	ng	926.86	x	200.421	224.8	153.92	x	347.72
389	Copper		Soil	μg	4.63612	x	1.00085	1.12259	0.768638	x	1.74403
390	Heat, waste		Soil	MJ	2.64214	x	0.000567441	0.000636465	0.000435786	x	2.6405
391	Chromium		Soil	μg	212.353	x	42.0884	47.208	32.3232	x	90.7331
392	Iron		Soil	mg	84.9049	x	16.7852	18.827	12.8908	x	36.4019

	Látka sloučenina	nebo	Složka životního prostředí	Jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie
393	Lead		Soil	µg	21.135	x	4.55957	5.1142	3.50168	x	7.95952
394	Manganese		Soil	mg	1.699	x	0.336957	0.377945	0.258778	x	0.725322
395	Mercury		Soil	ng	131.7	x	27.4326	30.7695	21.0678	x	52.4296
396	Nickel		Soil	µg	6.9596	x	1.50316	1.686	1.1544	x	2.61605
397	Nitrogen		Soil	µg	39.71	x	7.75378	8.69695	5.95478	x	17.3045
398	Oils, biogenic		Soil	µg	735.071	x	0.553662	0.62101	0.425204	x	733.471
399	Oils, unspecified		Soil	mg	30.5398	x	6.33831	7.1093	4.86772	x	12.2245
400	Phosphorus		Soil	mg	2.1878	x	0.430905	0.48332	0.330928	x	0.942646
401	Sulfur		Soil	mg	25.5167	x	5.06063	5.6762	3.88648	x	10.8934
402	Zinc		Soil	µg	685.212	x	136.537	153.145	104.858	x	290.672

Příloha 6: Tabulky LCIA spalování štěpky pro výrobu 1 GJ tepla

Tabulka 49: Environmentální profil

kategorie dopadu	jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladová-ní štěpky	elektrická energie	popel
karcinogeny	DALY	4.36E-07	0	7.00E-08	5.47E-08	3.73E-08	0	2.74E-07	0
organické látky způsobující respirační potíže	DALY	6.39E-08	5.52E-08	2.13E-09	2.15E-09	1.47E-09	0	3.03E-09	0
anorganické látky způsobující respirační potíže	DALY	3.28E-05	2.87E-05	6.83E-07	5.46E-07	3.74E-07	0	2.52E-06	0
změna	DALY	1.31E-06	9.58E-	1.45E-07	1.18E-07	8.09E-08	0	9.53E-07	0
radiace	DALY	1.46E-07	0	2.83E-10	3.18E-10	2.18E-10	0	1.45E-07	0
poškození ozonové vrstvy	DALY	4.86E-09	0	7.18E-10	8.05E-10	5.52E-10	0	2.78E-09	0
ekotoxicita	PAF*m2y	0.666556	0	0.033365	0.048497	0.025623	0	0.559072	0
acidifikace a eutrofizace	PDF*m2y	0.784067	0.62187	0.039709	0.031002	0.021235	0	0.070251	0
užívání půdy	PDF*m2y	0.187624	0	0.000817	0.000917	0.000628	0	0.185262	0
čerpání minerálů	MJ surplus	0.24137	0	0.000322	0.000361	0.000247	0	0.24044	0
čerpání fosilních paliv	MJ surplus	5.0713	0	0.524973	0.588831	0.403171	0	3.55433	0

Tabulka 50: Hodnocení způsobených škod v kategoriích dopadů

kategorie dopadu	jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladová-ní štěpky	elektrická energie	popel
karcinogeny	DALY	4.36E-07	0	7.00E-08	5.47E-08	3.73E-08	0	2.74E-	0
organické látky způsobující respirační potíže	DALY	6.39E-08	5.52E-08	2.13E-09	2.15E-09	1.47E-09	0	3.03E-09	0
anorganické látky způsobující respirační potíže	DALY	3.28E-05	2.87E-05	6.83E-07	5.46E-07	3.74E-07	0	2.52E-06	0
změna	DALY	1.31E-06	9.58E-	1.45E-07	1.18E-07	8.09E-08	0	9.53E-	0
radiace	DALY	1.46E-07	0	2.83E-10	3.18E-10	2.18E-10	0	1.45E-	0
poškození ozonové	DALY	4.86E-09	0	7.18E-10	8.05E-10	5.52E-10	0	2.78E-09	0
ekotoxicita	PDF*m2yr	0.066656	0	0.003336	0.00485	0.002562	0	0.05590	0
acidifikace a	PDF*m2yr	0.784067	0.62187	0.039709	0.031002	0.021235	0	0.070251	0
užívání	PDF*m2yr	0.187624	0	0.000817	0.000917	0.000628	0	0.18526	0
čerpání minerálů	MJ surplus	0.24137	0	0.000322	0.000361	0.000247	0	0.24044	0
čerpání fosilních paliv	MJ surplus	5.0713	0	0.524973	0.588831	0.403171	0	3.55433	0

Tabulka 51: Hodnocení způsobených škod ve skupinách dopadů

kategorie dopadu	jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipula-ce štěpkou	skladová-ní štěpky	elektri-cká energie	popel
lidské zdraví	Human Health	DALY	3.48E-05	2.88E-05	9.02E-07	7.22E-07	4.94E-07	0	3.90E-06
kvalita ekosystému	Ecosystem Quality	PDF*m2yr	1.03835	0.62187	0.043863	0.036768	0.024425	0	0.31142
zdroje	Resources	MJ surplus	5.31267	0	0.525295	0.589192	0.403418	0	3.79477

Tabulka 52: Normalizace způsobených škod v kategoriích dopadů

kategorie dopadu	jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladová-ní štěpky	elektrická energie	popel
karcinogeny		2.82E-05	0	4.53E-06	3.54E-06	2.42E-06	0	1.77E-05	0
organické látky způsobující respirační potíže		4.14E-06	3.57E-06	1.38E-07	1.39E-07	9.51E-08	0	1.96E-07	0
anorganické látky způsobující respirační potíže		0.002125	0.001858	4.42E-05	3.53E-05	2.42E-05	0	0.000163	0
změna		8.46E-05	6.20E-07	9.41E-06	7.64E-06	5.23E-06	0	6.17E-05	0
radiace		9.43E-06	0	1.83E-08	2.06E-08	1.41E-08	0	9.37E-06	0
poškození ozonové vrstvy		3.14E-07	0	4.65E-08	5.21E-08	3.57E-08	0	1.80E-07	0

kategorie dopadu	jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
ekotoxicita		1.30E-05	0	6.51E-07	9.46E-07	5.00E-07	0	1.09E-05	0
acidifikace		0.000153	0.000121	7.74E-06	6.05E-06	4.14E-06	0	1.37E-05	0
užívání		3.66E-05	0	1.59E-07	1.79E-07	1.22E-07	0	3.61E-05	0
čerpání minerálů		4.06E-05	0	5.41E-08	6.07E-08	4.15E-08	0	4.04E-05	0
čerpání fosilních paliv		0.000852	0	8.82E-05	9.89E-05	6.77E-05	0	0.000597	0

Tabulka 53: Normalizace způsobených škod ve skupinách dopadů

kategorie dopadu	jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
lidské zdraví		0.002252	0.001863	5.83E-05	4.67E-05	3.20E-05	0	0.000252	0
kvalita ekosystému		0.000202	0.000121	8.55E-06	7.17E-06	4.76E-06	0	6.07E-05	0
zdroje		0.000893	0	8.82E-05	9.90E-05	6.78E-05	0	0.000638	0

Tabulka 54: Vážení způsobených škod v kategoriích dopadů

kategorie dopadu	jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
		0.954288	0.618447	0.039428	0.037396	0.025532	0	0.233485	0
karcinogeny	Pt	0.008463	0	0.001359	0.001062	0.000725	0	0.005317	0
organické látky způsobující respirační potíže	Pt	0.00017	0	4.14E-05	4.17E-05	2.85E-05	0	5.87E-05	0
anorganické látky způsobující respirační potíže	Pt	0.637612	0.55762	0.013259	0.010596	0.007258	0	0.04888	0
změna	Pt	0.025367	0.000186	0.002822	0.002293	0.00157	0	0.018496	0
radiace	Pt	0.002828	0	5.50E-06	6.17E-06	4.22E-06	0	0.002812	0
poškození ozonové vrstvy	Pt	9.43E-05	0	1.39E-05	1.56E-05	1.07E-05	0	5.40E-05	0
ekotoxická	Pt	0.006499	0	0.000325	0.000473	0.00025	0	0.005451	0
acidifikace a	Pt	0.076456	0.060642	0.003872	0.003023	0.00207	0	0.006849	0
užívání	Pt	0.018293	0	7.97E-05	8.94E-05	6.12E-05	0	0.018063	0
čerpání minerálů	Pt	0.00811	0	1.08E-05	1.21E-05	8.31E-06	0	0.008079	0
čerpání fosilních paliv	Pt	0.170396	0	0.017639	0.019785	0.013547	0	0.119425	0

Tabulka 55: Vážení způsobených škod v kategoriích dopadů

kategorie dopadu	jednotka	Σ	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
	Pt	0.955254	0.619413	0.039428	0.037396	0.025532	0	0.233485	0
lidské zdraví	Pt	0.675509	0.558781	0.017501	0.014014	0.009596	0	0.075617	0
kvalita ekosystému	Pt	0.101239	0.060632	0.004277	0.003585	0.002381	0	0.030364	0
zdroje	Pt	0.178506	0	0.01765	0.019797	0.013555	0	0.127504	0

Příloha 7: Přehled všech loučenin a prvků započítávaných do LCIA

Tabulka 56: Přehled všech sloučenin a prvků, jejichž množství bylo větší než 1% v daném procesu a jsou započítány, metoda Eco-indikátor

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Baryte, in ground	Raw	g	x	0.641347	0.71936	0.492544	x	1.38816	x
Clay, bentonite, in	Raw	g	x	0.051233	0.057465	0.039346	x	1.44793	x
Clay, unspecified, in	Raw	g	x	0.113739	0.127574	0.08735	x	2.52368	x
Cobalt, in ground	Raw	ng	x	7.2402	8.1209	5.56036	x	49.713	x
Energy, potential (in hydropower reservoir),	Raw	MJ	x	0.011862	0.013305	0.00911	x	6.05793	x
Gas, petroleum, 35 MJ	Raw	l	x	10.0336	11.2541	7.70562	x	17.5218	x
Gravel, in ground	Raw	g	x	1.04219	1.16896	0.800384	x	75.2487	x
Land use II-III, sea floor	Raw	cm2a	x	101.964	114.367	78.3068	x	221.943	x
Land use II-IV, sea floor	Raw	cm2a	x	10.5346	11.8161	8.09042	x	22.9006	x
Marl, in ground	Raw	g	x	0.603768	0.67721	0.463684	x	29.8822	x
Palladium, in ground	Raw	µg	x	1.80379	2.0232	1.38528	x	0.055418	x
Platinum, in ground	Raw	µg	x	2.02926	2.2761	1.55844	x	0.062753	x
Rhenium, in ground	Raw	µg	x	1.50316	1.686	1.1544	x	0.054603	x
Rhodium, in ground	Raw	µg	x	1.91652	2.14965	1.47186	x	0.058949	x

látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Sand, unspecified, in ground	Raw	g	x	0.253031	0.28381	0.194324	x	6.35675	x
Silver, in ground	Raw	mg	x	0.460968	0.51704	0.354016	x	0.804102	x
Sodium chloride, in grand	Raw	g	x	0.043466	0.048754	0.033381	x	1.71415	x
Uranium, 560 GJ per kg, in grand	Raw	mg	x	0.181631	0.203725	0.13949	x	92.9064	x
Volume occupied,	Raw	m3day	x	0.094643	0.106156	0.072685	x	48.1895	x
Water, turbine use, unspecified natural origin	Raw	m3	x	0.062506	0.07011	0.048004	x	31.7838	x
Water, unspecified natural origin/kg	Raw	kg	x	1.11484	1.25045	0.85618	x	195.321	x
Wood, dry matter	Raw	g	x	0.035324	0.039621	0.027128	x	46.4532	x
Aluminum	Air	mg	x	0.150679	0.169007	0.115719	x	68.7461	x
Americium-241	Air	μBq	x	1.40295	1.5736	1.07744	x	714.455	x
Antimony	Air	μg	x	0.129268	0.144992	0.099276	x	65.2273	x
Antimony-124	Air	μBq	x	0.020668	0.023183	0.015873	x	10.5403	x
Antimony-125	Air	μBq	x	0.002618	0.002936	0.002011	x	1.34198	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Argon-41	Air	Bq	x	0.162842	0.18265	0.12506	x	83.3984	x
Barium	Air	mg	x	0.002287	0.002566	0.001757	x	1.12197	x
Barium-140	Air	μBq	x	0.293115	0.32877	0.225108	x	149.954	x
Benzo(b)fluoranthene	Air	μg	x	9.27165	7.025	4.81	x	x	x
Beryllium	Air	μg	x	0.024619	0.027614	0.018907	x	11.9936	x
Boron	Air	mg	x	0.102603	0.115083	0.078797	x	52.1594	x
Bromine	Air	mg	x	0.010626	0.011918	0.00816	x	5.35654	x
Calcium	Air	mg	x	0.235657	0.264323	0.180981	x	83.6214	x
Cerium-141	Air	μBq	x	0.006977	0.007826	0.005358	x	3.55869	x
Cerium-144	Air	mBq	x	0.014906	0.01672	0.011448	x	7.60637	x
Cobalt	Air	μg	x	14.9718	16.793	11.4981	x	549.921	x
Cobalt-57	Air	nBq	x	0.129021	0.144715	0.099086	x	66.0124	x
Curium-242	Air	nBq	x	0.007378	0.008275	0.005666	x	3.77602	x
Curium-244	Air	nBq	x	0.067016	0.075168	0.051467	x	34.2287	x
Curium alpha	Air	mBq	x	0.002217	0.002487	0.001703	x	1.13552	x
Cyanide	Air	μg	x	0.21921	0.245875	0.16835	x	33.4137	x
Ethane, dichloro-	Air	mg	x	0.000248	0.000278	0.00019	x	2.67853	x
Heat, waste	Air	MJ	190	1.38748	1.55625	1.06556	x	58.311	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěrky	výroba štěrky	doprava štěrky	manipulace štěpkou	skladování štěrky	elektrická energie	popel
Helium	Air	mg	x	10.1087	11.3384	7.76334	x	17.6495	x
Hydrogen fluoride	Air	mg	x	0.273587	0.306866	0.21011	x	105.017	x
Hydrogen chloride	Air	mg	x	2.20187	2.46971	1.691	x	796.878	x
Hydrogen sulfide	Air	mg	x	0.044619	0.050046	0.034266	x	4.94957	x
Chromium-51	Air	μBq	x	0.264305	0.296455	0.202982	x	135.013	x
Chrysene	Air	μg	x	37.0866	28.1	19.24	x	x	x
Iodine	Air	mg	x	0.004784	0.005366	0.003674	x	2.42708	x
Iodine-135	Air	mBq	x	0.037203	0.041729	0.028571	x	19.0431	x
Iron	Air	mg	x	0.218333	0.244892	0.167677	x	47.9815	x
Iron-59	Air	μBq	x	0.002919	0.003274	0.002241	x	1.49411	x
Krypton-85m	Air	Bq	x	0.008142	0.009133	0.006253	x	4.15634	x
Krypton-87	Air	Bq	x	0.003645	0.004089	0.002799	x	1.86084	x
Krypton-88	Air	Bq	x	0.324431	0.363895	0.249158	x	166.253	x
Krypton-89	Air	Bq	x	0.002555	0.002866	0.001962	x	1.30395	x
Lanthanum	Air	μg	x	0.066778	0.074901	0.051284	x	32.3271	x
Lanthanum-140	Air	μBq	x	0.185389	0.20794	0.142376	x	95.0796	x
Magnesium	Air	mg	x	0.05226	0.058617	0.040135	x	24.518	x
Manganese	Air	mg	x	0.034145	0.038299	0.026223	x	1.60277	x

látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Manganese-54	Air	μBq	x	0.076285	0.085565	0.058586	x	39.1185	x
Molybdenum	Air	μg	x	7.6129	8.53894	5.84659	x	186.6	x
Neptunium-237	Air	nBq	x	0.073279	0.082193	0.056277	x	37.4885	x
Niobium-95	Air	μBq	x	0.013528	0.015174	0.01039	x	6.90006	x
Nitrogen	Air	mg	x	0.11186	0.125467	0.085907	x	50.7997	x
Noble gases, radioactive, unspecified	Air	Bq	x	0.009745	0.010931	0.007484	x	4.9713	x
Particulates, > 10 μm	Air	g	2.04	0.011549	0.012954	0.00887	x	2.1162	x
Phenanthrene	Air	mg	x	0.463583	0.35125	0.2405	x	x	x
Phosphorus, total	Air	mg	x	0.006581	0.007381	0.005054	x	1.08698	x
Platinum	Air	ng	x	4.54705	5.10015	3.49206	x	21.6781	x
Plutonium-241	Air	mBq	x	0.122006	0.136847	0.093699	x	62.4809	x
Potassium	Air	mg	x	0.141171	0.158344	0.108417	x	13.6915	x
Potassium-40	Air	mBq	x	0.216705	0.243065	0.166426	x	107.304	x
Promethium-147	Air	mBq	x	0.037704	0.042291	0.028956	x	19.3147	x
Protactinium-234	Air	mBq	x	0.044468	0.049878	0.034151	x	22.7376	x
Radioactive species, other beta emitters	Air	μBq	x	0.009432	0.01058	0.007244	x	4.80831	x
Radium-228	Air	mBq	x	0.106098	0.119004	0.081481	x	52.7013	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěrky	výroba štěrky	doprava štěrky	manipulace štěpkou	skladování štěrky	elektrická energie	popel
Radon-220	Air	Bq	x	0.009921	0.011128	0.007619	x	4.9713	x
Ruthenium-103	Air	nBq	x	0.761599	0.85424	0.584896	x	391.185	x
Ruthenium-106	Air	mBq	x	0.443431	0.49737	0.340548	x	227.104	x
Scandium	Air	µg	x	0.022436	0.025165	0.01723	x	10.8106	x
Selenium	Air	µg	x	8.94758	11.233	6.73015	x	715.482	x
Silicon	Air	mg	x	0.512351	0.574673	0.393477	x	252.556	x
Silver-110	Air	µBq	x	0.075158	0.0843	0.05772	x	38.5752	x
Sodium	Air	mg	x	0.368876	0.413746	0.283291	x	12.4663	x
Strontium	Air	mg	x	0.002275	0.002552	0.001747	x	1.10567	x
Strontium-89	Air	µBq	x	0.132779	0.14893	0.101972	x	68.1857	x
Strontium-90	Air	mBq	x	0.073279	0.082193	0.056277	x	37.4885	x
Technetium-99	Air	µBq	x	0.003107	0.003484	0.002386	x	1.58919	x
Tellurium-123m	Air	µBq	x	0.335705	0.37654	0.257816	x	171.687	x
Thallium	Air	µg	x	0.016135	0.018098	0.012392	x	7.90519	x
Thorium	Air	µg	x	0.042353	0.047505	0.032526	x	20.7803	x
Thorium-228	Air	mBq	x	0.089814	0.100739	0.068975	x	44.5516	x
Thorium-232	Air	mBq	x	0.056995	0.063928	0.043771	x	28.2522	x
Thorium-234	Air	mBq	x	0.044468	0.049878	0.034151	x	22.7376	x

látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Tin	Air	µg	x	0.048177	0.054038	0.037	x	23.743	x
Titanium	Air	mg	x	0.00635	0.007122	0.004876	x	3.08623	x
Uranium	Air	µg	x	0.04705	0.052773	0.036134	x	23.3084	x
Uranium alpha	Air	mBq	x	1.59084	1.78435	1.22174	x	814.968	x
Vanadium	Air	mg	x	1.18771	1.33219	0.912146	x	13.8776	x
water	Air	kg	0.00312	x	x	x	22.237	x	x
Xenon-131m	Air	Bq	x	0.016785	0.018827	0.012891	x	8.58433	x
Xenon-135	Air	Bq	x	0.84302	0.945565	0.647426	x	431.933	x
Xenon-135m	Air	Bq	x	0.0833	0.093433	0.063973	x	42.65	x
Xenon-137	Air	Bq	x	0.002067	0.002318	0.001587	x	1.05674	x
Xenon-138	Air	Bq	x	0.022547	0.02529	0.017316	x	11.5454	x
Zinc-65	Air	µBq	x	0.326936	0.366705	0.251082	x	167.34	x
Zirconium	Air	µg	x	0.010973	0.012308	0.008427	x	1.32296	x
Zirconium-95	Air	µBq	x	0.004885	0.00548	0.003752	x	2.49924	x
Acenaphthylene	Water	mg	x	0.000836	0.000937	0.000642	x	2.20313	x
Acids, unspecified	Water	µg	x	2.98126	3.3439	2.28956	x	450.949	x
Aluminum	Water	g	x	0.005097	0.005717	0.003914	x	1.80381	x
Ammonia, as N	Water	mg	x	12.0628	13.5302	9.26406	x	30.0723	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěrky	výroba štěrky	doprava štěrky	manipulace štěpkou	skladování štěrky	elektrická energie	popel
Antimony	Water	µg	x	0.092319	0.103548	0.070899	x	27.9806	x
Antimony-122	Water	µBq	x	0.921936	1.03408	0.708032	x	469.965	x
AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	Water	µg	x	29.8001	33.4249	22.886	x	47.404	x
Barite	Water	mg	x	126.516	141.905	97.162	x	277.089	x
Barium	Water	mg	x	19.0274	21.342	14.6128	x	171.958	x
Barium-140	Water	µBq	x	0.921936	1.03408	0.708032	x	469.965	x
Benzene, ethyl-	Water	µg	x	176.12	197.543	135.257	x	308.601	x
Benzene, chloro-	Water	pg	x	1.428	1.6017	1.09668	x	187.986	x
Beryllium	Water	µg	x	0.006388	0.007166	0.004906	x	3.23271	x
BOD5, Biological Oxygen Demand	Water	mg	x	1.00962	1.13243	0.775372	x	4.15172	x
Boron	Water	mg	x	0.25466	0.285637	0.195575	x	3.09688	x
Cadmium-109	Water	µBq	x	0.005324	0.005971	0.004089	x	2.71656	x
Calcium, ion	Water	g	x	0.291988	0.327506	0.224242	x	2.33624	x
Cerium-141	Water	µBq	x	0.137789	0.15455	0.10582	x	70.3589	x
Cerium-144	Water	Bq	x	0.004221	0.004735	0.003242	x	2.15697	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Cesium	Water	µg	x	7.35043	8.24454	5.64502	x	13.0748	x
Cesium-136	Water	µBq	x	0.004948	0.00555	0.0038	x	2.5264	x
Cobalt	Water	mg	x	0.009132	0.010243	0.007013	x	3.4772	x
Cobalt-57	Water	µBq	x	0.945736	1.06078	0.72631	x	483.548	x
COD, Chemical Oxygen Demand	Water	mg	x	26.5808	29.8141	20.4136	x	32.7889	x
Cyanide	Water	µg	x	33.1321	37.1622	25.4449	x	207.219	x
DOC, Dissolved Organic Carbon	Water	mg	x	0.005787	0.006491	0.004444	x	2.77361	x
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Water	ng	x	0.350736	0.3934	0.26936	x	75.792	x
Ethane, dichloro-	Water	mg	x	0.000128	0.000143	9.81E-05	x	1.3773	x
Fatty acids as C	Water	mg	x	37.153	41.6723	28.5329	x	65.3333	x
Fluoride	Water	mg	x	0.934713	1.04841	0.717844	x	9.54029	x
Glutaraldehyde	Water	µg	x	15.6579	17.5625	12.025	x	34.2287	x
Heat, waste	Water	MJ	x	0.203565	0.228327	0.156335	x	1.03148	x
Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Water	mg	x	0.95488	1.07103	0.733333	x	1.69459	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Hydrocarbons, aliphatic, alkenes, unspecified	Water	µg	x	88.1601	98.8839	67.7056	x	156.365	x
Hydrocarbons, aromatic	Water	mg	x	4.38295	4.9161	3.36604	x	7.90791	x
Hydrocarbons,	Water	µg	x	2.1921	2.45875	1.6835	x	597.643	x
Hydrogen sulfide	Water	µg	x	0.99083	1.11135	0.760942	x	81.4968	x
Hypochlorite	Water	mg	x	0.029712	0.033327	0.022819	x	15.1041	x
Hypochlorous acid	Water	mg	x	0.029712	0.033327	0.022819	x	15.1041	x
Chloride	Water	g	x	4.01593	4.50443	3.08417	x	18.3639	x
Chlorinated solvents, unspecified	Water	µg	x	0.079417	0.089077	0.060991	x	2.77089	x
Chromium-51	Water	mBq	x	0.020293	0.022761	0.015584	x	10.3501	x
Iodide	Water	mg	x	0.735043	0.824454	0.564502	x	1.28004	x
Iodine-133	Water	mBq	x	0.004221	0.004735	0.003242	x	2.15423	x
Iron	Water	g	x	0.008654	0.009707	0.006646	x	2.74506	x
Iron-59	Water	µBq	x	0.016284	0.018265	0.012506	x	8.33984	x
Lanthanum-140	Water	µBq	x	0.191652	0.214965	0.147186	x	97.5245	x
Lead-210	Water	mBq	x	0.541136	0.60696	0.415584	x	271.656	x
Magnesium	Water	g	x	0.016184	0.018153	0.012429	x	1.48267	x

látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Manganese	Water	mg	x	0.536126	0.60134	0.411736	x	42.7695	x
Molybdenum	Water	mg	x	0.021608	0.024236	0.016595	x	6.52355	x
Molybdenum-99	Water	μBq	x	0.064385	0.072217	0.049447	x	32.8704	x
Neptunium-237	Water	mBq	x	0.011762	0.013193	0.009033	x	6.03076	x
Niobium-95	Water	μBq	x	0.523599	0.58729	0.402116	x	267.31	x
Nitrate	Water	mg	x	5.13578	5.7605	3.9442	x	41.1559	x
Nitrite	Water	mg	x	0.007631	0.008559	0.005861	x	3.77955	x
Nitrogen, organic bound	Water	mg	x	2.58292	2.89711	1.98364	x	1.53757	x
Nitrogen, total	Water	mg	x	15.9961	17.9419	12.2847	x	16.4352	x
Oils, unspecified	Water	mg	x	134.545	150.911	103.328	x	239.736	x
Phenols, unspecified	Water	mg	x	0.910662	1.02144	0.699374	x	1.87986	x
Phosphate	Water	mg	x	0.365142	0.409558	0.280423	x	105.984	x
Phosphorus compounds, unspecified	Water	μg	x	3.57	4.00425	2.7417	x	11.2466	x
Phthalate, dimethyl tere-	Water	μg	x	0.000532	0.000597	0.000409	x	1.40446	x
Phthalate, p-dibutyl-	Water	ng	x	0.084678	0.094978	0.065031	x	223.03	x
Plutonium-241	Water	Bq	x	0.018163	0.020373	0.013949	x	9.3178	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěrky	výroba štěrky	doprava štěrky	manipulace štěpkou	skladování štěrky	elektrická energie	popel
Polonium-210	Water	mBq	x	0.541136	0.60696	0.415584	x	271.656	x
Potassium	Water	mg	x	37.8545	42.4591	29.0716	x	590.308	x
Potassium-40	Water	mBq	x	0.680178	0.762915	0.522366	x	342.287	x
Protactinium-234	Water	mBq	x	0.822978	0.923085	0.632034	x	421.067	x
Radioactive species, alpha emitters	Water	μBq	x	0.060753	0.068143	0.046657	x	30.9688	x
Radioactive species, from fission and activation	Water	mBq	x	0.55241	0.619605	0.424242	x	282.522	x
Radioactive species, Nuclides, unspecified	Water	μBq	x	0.398336	0.44679	0.305916	x	204.014	x
Radium-224	Water	Bq	x	0.367522	0.412227	0.282251	x	0.64138	x
Radium-228	Water	Bq	x	0.735043	0.824454	0.564502	x	1.28004	x
Ruthenium	Water	μg	x	73.5043	82.4454	56.4502	x	130.368	x
Ruthenium-103	Water	μBq	x	0.3094	0.347035	0.237614	x	157.832	x
Salts, unspecified	Water	g	x	0.009545	0.010706	0.00733	x	4.83548	x
Selenium	Water	mg	x	0.029249	0.032807	0.022463	x	9.02292	x
Silicon	Water	μg	x	65.5125	73.4815	50.3126	x	714.455	x
Silver	Water	μg	x	4.4556	4.99758	3.42183	x	9.75245	x

látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Sodium-24	Water	mBq	x	0.028435	0.031894	0.021837	x	14.5064	x
Sodium, ion	Water	g	x	2.40254	2.69479	1.84512	x	6.0199	x
Solved substances	Water	mg	x	1.91527	2.14825	1.4709	x	742.436	x
Strontium	Water	mg	x	44.5435	49.9618	34.2087	x	98.3395	x
Strontium-89	Water	mBq	x	0.002079	0.002332	0.001597	x	1.06489	x
Sulfate	Water	g	x	0.188145	0.211031	0.144492	x	18.2974	x
Sulfide	Water	mg	x	0.240505	0.26976	0.184704	x	0.428945	x
Sulfur trioxide	Water	mg	x	0.004071	0.004566	0.003127	x	7.49771	x
t-Butyl methyl ether	Water	ng	x	6.41347	7.1936	4.92544	x	69.1908	x
Technetium-99	Water	Bq	x	0.00466	0.005227	0.003579	x	2.38514	x
Technetium-99m	Water	μBq	x	0.434663	0.487535	0.333814	x	221.943	x
Tellurium-123m	Water	μBq	x	0.038832	0.043555	0.029822	x	19.8581	x
Tellurium-132	Water	μBq	x	0.015908	0.017844	0.012217	x	8.14968	x
Thorium-228	Water	Bq	x	1.46558	1.64385	1.12554	x	2.559	x
Thorium-230	Water	Bq	x	0.129021	0.144715	0.099086	x	65.7408	x
Thorium-232	Water	mBq	x	0.126516	0.141905	0.097162	x	63.8392	x
Thorium-234	Water	mBq	x	0.829241	0.93011	0.636844	x	423.783	x
Tin, ion	Water	μg	x	0.0357	0.040043	0.027417	x	17.9836	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěrky	výroba štěrky	doprava štěrky	manipulace štěpkou	skladování štěrky	elektrická energie	popel
Titanium, ion	Water	mg	x	0.273073	0.30629	0.209716	x	104.859	x
TOC, Total Organic Carbon	Water	mg	x	111.359	124.905	85.5218	x	265.136	x
Tributyltin	Water	µg	x	6.40094	7.17955	4.91582	x	43.7366	x
Triethylene glycol	Water	mg	x	0.005787	0.006491	0.004444	x	2.77361	x
Tungsten	Water	µg	x	0.1666	0.186865	0.127946	x	82.3118	x
Undissolved substances	Water	g	x	0.394453	0.442435	0.302934	x	1.09749	x
Uranium alpha	Water	Bq	x	0.053765	0.060305	0.041291	x	27.5155	x
Vanadium, ion	Water	mg	x	0.030126	0.03379	0.023136	x	9.4846	x
VOC, volatile organic compounds as C	Water	mg	x	2.57666	2.89009	1.97883	x	4.49047	x
Xylene	Water	mg	x	0.690575	0.774577	0.530351	x	1.2287	x
Yttrium-90	Water	µBq	x	0.106474	0.119425	0.08177	x	54.3312	x
Zinc-65	Water	mBq	x	0.059876	0.067159	0.045984	x	30.6971	x
Zirconium-95	Water	mBq	x	0.377169	0.423048	0.28966	x	193.212	x
Aluminum	Soil	mg	x	8.41767	9.4416	6.46464	x	18.1466	x
Calcium	Soil	mg	x	33.6957	37.7945	25.8778	x	72.5322	x
Carbon	Soil	mg	x	26.18	29.3645	20.1058	x	55.9611	x
Cobalt	Soil	ng	x	200.421	224.8	153.92	x	347.72	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěrky	výroba štěrky	doprava štěrky	manipulace štěpkou	skladování štěrky	elektrická energie	popel
Heat, waste	Soil	MJ	x	0.000567	0.000636	0.000436	x	2.6405	x
Iron	Soil	mg	x	16.7852	18.827	12.8908	x	36.4019	x
Manganese	Soil	mg	x	0.336957	0.377945	0.258778	x	0.725322	x
Nitrogen	Soil	µg	x	7.75378	8.69695	5.95478	x	17.3045	x
Oils, biogenic	Soil	µg	x	0.553662	0.62101	0.425204	x	733.471	x
Oils, unspecified	Soil	mg	x	6.33831	7.1093	4.86772	x	12.2245	x
Phosphorus	Soil	mg	x	0.430905	0.48332	0.330928	x	0.942646	x
Sulfur	Soil	mg	x	5.06063	5.6762	3.88648	x	10.8934	x

Tabulka 57: Přehled všech sloučenin a prvků, jejichž množství bylo větší než 1% v daném procesu a jsou započítány, metoda GPW 100

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Baryte, in ground	Raw	g	x	0.641347	0.71936	0.492544	x	1.38816	x
Bauxite, in ground	Raw	g	x	0.007591	0.008514	0.00583	x	2.2303	x
Clay, bentonite, in	Raw	g	x	0.051233	0.057465	0.039346	x	1.44793	x
Clay, unspecified, in	Raw	g	x	0.113739	0.127574	0.08735	x	2.52368	x
Coal, 18 MJ per kg, in	Raw	kg	x	0.002843	0.003189	0.002184	x	1.09206	x
Coal, brown, 8 MJ per	Raw	kg	x	0.002668	0.002993	0.002049	x	1.36915	x
Cobalt, in ground	Raw	ng	x	7.2402	8.1209	5.56036	x	49.713	x
Copper, in ground	Raw	g	x	0.003056	0.003428	0.002347	x	6.35675	x
Energy, potential (in	Raw	MJ	x	0.011862	0.013305	0.00911	x	6.05793	x
Gas, mine, off-gas,	Raw	g	x	0.020293	0.022761	0.015584	x	7.36188	x
Gas, natural, 35 MJ per	Raw	l	x	0.392073	0.439765	0.301106	x	187.986	x
Gas, petroleum, 35 MJ	Raw	l	x	10.0336	11.2541	7.70562	x	17.5218	x
Gravel, in ground	Raw	g	x	1.04219	1.16896	0.800384	x	75.2487	x
Chromium, in ground	Raw	mg	x	0.737799	0.827545	0.566618	x	81.2251	x
Iron, in ground	Raw	g	x	0.717757	0.805065	0.551226	x	25.101	x
Land use II-III	Raw	m2a	x	0.000814	0.000913	0.000625	x	0.34772	x
Land use II-III, sea floor	Raw	cm2a	x	101.964	114.367	78.3068	x	221.943	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěrky	výroba štěrky	doprava štěrky	manipulace štěpkou	skladování štěrky	elektrická energie	popel
Land use II-IV	Raw	cm2a	x	2.30484	2.5852	1.77008	x	51.8863	x
Land use II-IV, sea floor	Raw	cm2a	x	10.5346	11.8161	8.09042	x	22.9006	x
Land use III-IV	Raw	cm2a	x	1.85389	2.0794	1.42376	x	30.4255	x
Land use IV-IV	Raw	mm2a	x	2.60547	2.9224	2.00096	x	19.9124	x
Lead, in ground	Raw	mg	x	0.444684	0.498775	0.34151	x	412.917	x
Manganese, in ground	Raw	mg	x	0.206684	0.231825	0.15873	x	13.7458	x
Marl, in ground	Raw	g	x	0.603768	0.67721	0.463684	x	29.8822	x
Molybdenum, in ground	Raw	µg	x	0.375789	0.4215	0.2886	x	0.063296	x
Nickel, in ground	Raw	mg	x	0.467231	0.524065	0.358826	x	57.5911	x
Oil, crude, 42.6 MJ per	Raw	g	x	146.558	164.385	112.554	x	255.9	x
Palladium, in ground	Raw	µg	x	1.80379	2.0232	1.38528	x	0.055418	x
Platinum, in ground	Raw	µg	x	2.02926	2.2761	1.55844	x	0.062753	x
Rhenium, in ground	Raw	µg	x	1.50316	1.686	1.1544	x	0.054603	x
Rhodium, in ground	Raw	µg	x	1.91652	2.14965	1.47186	x	0.058949	x
Sand, unspecified, in	Raw	g	x	0.253031	0.28381	0.194324	x	6.35675	x
Silver, in ground	Raw	mg	x	0.460968	0.51704	0.354016	x	0.804102	x
Sodium chloride, in	Raw	g	x	0.043466	0.048754	0.033381	x	1.71415	x
Tin, in ground	Raw	mg	x	0.256789	0.288025	0.19721	x	0.448232	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Uranium, 560 GJ per kg,	Raw	mg	x	0.181631	0.203725	0.13949	x	92.9064	x
Volume occupied,	Raw	m3day	x	0.094643	0.106156	0.072685	x	48.1895	x
Water, turbine use,	Raw	m3	x	0.062506	0.07011	0.048004	x	31.7838	x
Water, unspecified	Raw	kg	x	1.11484	1.25045	0.85618	x	195.321	x
Wood, dry matter	Raw	g	x	0.035324	0.039621	0.027128	x	46.4532	x
Zinc, in ground	Raw	µg	x	39.8336	44.679	30.5916	x	418.35	x
Acetaldehyde	Air	mg	x	0.009445	0.010594	0.007253	x	2.02384	x
Acetic acid	Air	mg	x	0.039708	0.044539	0.030495	x	9.07331	x
Acetone	Air	mg	x	0.009432	0.01058	0.007244	x	2.01569	x
Acrolein	Air	ng	x	4.40926	4.9456	3.38624	x	22.0313	x
Aldehydes, unspecified	Air	µg	x	0.145305	0.16298	0.111592	x	74.1621	x
Aluminum	Air	mg	x	0.150679	0.169007	0.115719	x	68.7461	x
Americium-241	Air	µBq	x	1.40295	1.5736	1.07744	x	714.455	x
Ammonia	Air	mg	x	0.039245	0.044019	0.03014	x	15.9109	x
Antimony	Air	µg	x	0.129268	0.144992	0.099276	x	65.2273	x
Antimony-124	Air	µBq	x	0.020668	0.023183	0.015873	x	10.5403	x
Antimony-125	Air	µBq	x	0.002618	0.002936	0.002011	x	1.34198	x
Argon-41	Air	Bq	x	0.162842	0.18265	0.12506	x	83.3984	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Arsenic	Air	µg	x	6.8118	7.64039	5.23136	x	370.892	x
Barium	Air	mg	x	0.002287	0.002566	0.001757	x	1.12197	x
Barium-140	Air	µBq	x	0.293115	0.32877	0.225108	x	149.954	x
Benzaldehyde	Air	ng	x	1.51568	1.70005	1.16402	x	7.55204	x
Benzene	Air	mg	x	1.13693	1.27523	0.873148	x	6.17259	x
Benzene, ethyl-	Air	mg	x	0.274526	0.30792	0.210832	x	6.27525	x
Benzene, hexachloro-	Air	ng	x	0.010572	0.011858	0.008119	x	32.0554	x
Benzene, pentachloro-	Air	ng	x	0.028309	0.031753	0.021741	x	85.5716	x
Benzo(a)anthracene	Air	µg	x	14.8346	11.24	7.696	x	x	x
Benzo(a)pyrene	Air	µg	x	5.64301	4.30476	2.94746	x	3.67955	x
Benzo(b)fluoranthene	Air	µg	x	9.27165	7.025	4.81	x	x	x
Beryllium	Air	µg	x	0.024619	0.027614	0.018907	x	11.9936	x
Boron	Air	mg	x	0.102603	0.115083	0.078797	x	52.1594	x
Bromine	Air	mg	x	0.010626	0.011918	0.00816	x	5.35654	x
Butane	Air	mg	x	11.1264	12.4798	8.54487	x	29.1215	x
Butene	Air	mg	x	0.268063	0.30067	0.205868	x	0.556895	x
Cadmium	Air	µg	x	13.6819	16.7491	10.507	x	151.088	x
Calcium	Air	mg	x	0.235657	0.264323	0.180981	x	83.6214	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěrky	výroba štěrky	doprava štěrky	manipulace štěpkou	skladování štěrky	elektrická energie	popel
Carbon-14	Air	Bq	x	0.112486	0.126169	0.086388	x	57.5911	x
Cerium-141	Air	μBq	x	0.006977	0.007826	0.005358	x	3.55869	x
Cerium-144	Air	mBq	x	0.014906	0.01672	0.011448	x	7.60637	x
Cesium-134	Air	mBq	x	0.053112	0.059572	0.040789	x	27.1656	x
Cesium-137	Air	mBq	x	0.10259	0.11507	0.078788	x	52.4296	x
Cobalt	Air	μg	x	14.9718	16.793	11.4981	x	549.921	x
Cobalt-57	Air	nBq	x	0.129021	0.144715	0.099086	x	66.0124	x
Cobalt-58	Air	mBq	x	0.002129	0.002389	0.001635	x	1.09206	x
Cobalt-60	Air	mBq	x	0.003169	0.003555	0.002434	x	1.6245	x
Copper	Air	mg	x	0.031944	0.274326	0.024454	x	1.30721	x
Curium-242	Air	nBq	x	0.007378	0.008275	0.005666	x	3.77602	x
Curium-244	Air	nBq	x	0.067016	0.075168	0.051467	x	34.2287	x
Curium alpha	Air	mBq	x	0.002217	0.002487	0.001703	x	1.13552	x
Cyanide	Air	μg	x	0.21921	0.245875	0.16835	x	33.4137	x
Dibenz(a,h)anthracene	Air	μg	x	1.85433	1.405	0.962	x	x	x
Dioxins, measured as	Air	pg	x	2.81842	3.16125	2.1645	x	956.229	x
Ethane	Air	mg	x	2.77459	3.11209	2.13084	x	38.2953	x
Ethane, dichloro-	Air	mg	x	0.000248	0.000278	0.00019	x	2.67853	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Ethanol	Air	mg	x	0.018827	0.021117	0.014459	x	4.03966	x
Ethene	Air	mg	x	0.693343	0.777682	0.532477	x	5.67489	x
Ethene, chloro-	Air	µg	x	0.040335	0.045241	0.030976	x	437.366	x
Ethyne	Air	µg	x	0.568694	0.63787	0.436748	x	77.9653	x
Fluoranthene	Air	µg	x	83.4449	63.225	43.29	x	x	x
Formaldehyde	Air	mg	x	0.044481	0.049891	0.03416	x	14.2641	x
Heat, waste	Air	MJ	190	1.38748	1.55625	1.06556	x	58.311	x
Helium	Air	mg	x	10.1087	11.3384	7.76334	x	17.6495	x
Heptane	Air	mg	x	2.63052	2.9505	2.0202	x	4.61815	x
Hexane	Air	mg	x	5.53662	6.2101	4.25204	x	9.69812	x
Hydrocarbons, aliphatic,	Air	mg	x	2.89E+00	3.24527	2.22E+00	x	1.91E+01	x
Hydrocarbons, aliphatic,	Air	mg	x	0.01419	0.015916	0.010898	x	6.33252	x
Hydrocarbons, aromatic	Air	µg	x	7.13097	7.99838	5.47647	x	823.411	x
Hydrogen-3, Tritium	Air	Bq	x	1.15994	1.30103	0.890812	x	594.927	x
Hydrogen fluoride	Air	mg	x	0.273587	0.306866	0.21011	x	105.017	x
Hydrogen chloride	Air	mg	x	2.20187	2.46971	1.691	x	796.878	x
Hydrogen sulfide	Air	mg	x	0.044619	0.050046	0.034266	x	4.94957	x
Chromium	Air	µg	x	8.70002	79.9979	6.67917	x	443.234	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěrky	výroba štěrky	doprava štěrky	manipulace štěpkou	skladování štěrky	elektrická energie	popel
Chromium-51	Air	μBq	x	0.264305	0.296455	0.202982	x	135.013	x
Chrysene	Air	μg	x	37.0866	28.1	19.24	x	x	x
Iodine	Air	mg	x	0.004784	0.005366	0.003674	x	2.42708	x
Iodine-129	Air	mBq	x	0.399589	0.448195	0.306878	x	204.557	x
Iodine-131	Air	mBq	x	0.044343	0.049737	0.034055	x	22.6833	x
Iodine-133	Air	mBq	x	0.024802	0.027819	0.019048	x	12.7135	x
Iodine-135	Air	mBq	x	0.037203	0.041729	0.028571	x	19.0431	x
Iron	Air	mg	x	0.218333	0.244892	0.167677	x	47.9815	x
Iron-59	Air	μBq	x	0.002919	0.003274	0.002241	x	1.49411	x
Krypton-85	Air	kBq	x	6.87694	7.71345	5.28138	x	3531.53	x
Krypton-85m	Air	Bq	x	0.008142	0.009133	0.006253	x	4.15634	x
Krypton-87	Air	Bq	x	0.003645	0.004089	0.002799	x	1.86084	x
Krypton-88	Air	Bq	x	0.324431	0.363895	0.249158	x	166.253	x
Krypton-89	Air	Bq	x	0.002555	0.002866	0.001962	x	1.30395	x
Lanthanum	Air	μg	x	0.066778	0.074901	0.051284	x	32.3271	x
Lanthanum-140	Air	μBq	x	0.185389	0.20794	0.142376	x	95.0796	x
Lead	Air	mg	x	0.031353	0.035167	0.024079	x	2.43675	x
Lead-210	Air	mBq	x	1.25263	1.405	0.962	x	630.514	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Magnesium	Air	mg	x	0.05226	0.058617	0.040135	x	24.518	x
Manganese	Air	mg	x	0.034145	0.038299	0.026223	x	1.60277	x
Manganese-54	Air	μBq	x	0.076285	0.085565	0.058586	x	39.1185	x
Mercury	Air	μg	x	1.50428	1.68726	1.15527	x	254.4	x
Methanol	Air	mg	x	0.026556	0.029786	0.020394	x	4.04767	x
Molybdenum	Air	μg	x	7.6129	8.53894	5.84659	x	186.6	x
Neptunium-237	Air	nBq	x	0.073279	0.082193	0.056277	x	37.4885	x
Nickel	Air	mg	x	0.319296	0.365145	0.245211	x	4.15281	x
Niobium-95	Air	μBq	x	0.013528	0.015174	0.01039	x	6.90006	x
Nitrogen	Air	mg	x	0.11186	0.125467	0.085907	x	50.7997	x
Nitrogen oxides	Air	g	105.53	6.84176	5.30445	3.63342	x	7.41621	x
NMVOC, non-methane	Air	g	x	1.10073	1.23462	0.845344	x	2.09009	x
Noble gases, radioactive,	Air	Bq	x	0.009745	0.010931	0.007484	x	4.9713	x
PAH, polycyclic	Air	mg	x	44.8548	34.0018	23.3106	x	0.145976	x
Particulates	Air	mg	x	204.031	154.55	105.82	x	x	x
Particulates, < 10 μm	Air	mg	x	2.73073	3.0629	2.09716	x	27.7089	x
Particulates, < 10 μm	Air	g	48.81	0.039207	0.043977	0.030111	x	1.05403	x
Particulates, > 10 μm	Air	g	2.04	0.011549	0.012954	0.00887	x	2.1162	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Pentane	Air	mg	x	14.0585	15.7686	10.7967	x	39.0913	x
Phenanthrene	Air	mg	x	0.463583	0.35125	0.2405	x	x	x
Phenol	Air	µg	x	0.034447	0.038638	0.026455	x	7.6607	x
Phenol, pentachloro-	Air	ng	x	0.00456	0.005114	0.003502	x	13.8273	x
Phosphorus, total	Air	mg	x	0.006581	0.007381	0.005054	x	1.08698	x
Platinum	Air	ng	x	4.54705	5.10015	3.49206	x	21.6781	x
Plutonium-238	Air	nBq	x	0.1666	0.186865	0.127946	x	85.3	x
Plutonium-241	Air	mBq	x	0.122006	0.136847	0.093699	x	62.4809	x
Plutonium-alpha	Air	mBq	x	0.004434	0.004974	0.003405	x	2.27104	x
Polonium-210	Air	mBq	x	1.88396	2.11312	1.44685	x	940.201	x
Potassium	Air	mg	x	0.141171	0.158344	0.108417	x	13.6915	x
Potassium-40	Air	mBq	x	0.216705	0.243065	0.166426	x	107.304	x
Promethium-147	Air	mBq	x	0.037704	0.042291	0.028956	x	19.3147	x
Propane	Air	mg	x	10.9979	12.3357	8.44623	x	32.0011	x
Propene	Air	mg	x	0.530376	0.594891	0.40732	x	1.56746	x
Propionic acid	Air	µg	x	0.268063	0.30067	0.205868	x	133.926	x
Protactinium-234	Air	mBq	x	0.044468	0.049878	0.034151	x	22.7376	x
Radioactive species,	Air	µBq	x	0.009432	0.01058	0.007244	x	4.80831	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Radium-226	Air	mBq	x	1.58583	1.77873	1.21789	x	811.708	x
Radium-228	Air	mBq	x	0.106098	0.119004	0.081481	x	52.7013	x
Radon-220	Air	Bq	x	0.009921	0.011128	0.007619	x	4.9713	x
Radon-222	Air	kBq	x	9.99162	11.207	7.67341	x	5107.69	x
Ruthenium-103	Air	nBq	x	0.761599	0.85424	0.584896	x	391.185	x
Ruthenium-106	Air	mBq	x	0.443431	0.49737	0.340548	x	227.104	x
Scandium	Air	µg	x	0.022436	0.025165	0.01723	x	10.8106	x
Selenium	Air	µg	x	8.94758	11.233	6.73015	x	715.482	x
Silicon	Air	mg	x	0.512351	0.574673	0.393477	x	252.556	x
Silver-110	Air	µBq	x	0.075158	0.0843	0.05772	x	38.5752	x
Sodium	Air	mg	x	0.368876	0.413746	0.283291	x	12.4663	x
Strontium	Air	mg	x	0.002275	0.002552	0.001747	x	1.10567	x
Strontium-89	Air	µBq	x	0.132779	0.14893	0.101972	x	68.1857	x
Strontium-90	Air	mBq	x	0.073279	0.082193	0.056277	x	37.4885	x
Sulfur dioxide	Air	g	18.32	x	x	x	x	x	x
Sulfur oxides	Air	g	x	0.596628	0.669202	0.458201	x	26.5462	x
t-Butyl methyl ether	Air	ng	x	78.2894	87.8125	60.125	x	690.006	x
Technetium-99	Air	µBq	x	0.003107	0.003484	0.002386	x	1.58919	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Tellurium-123m	Air	μBq	x	0.335705	0.37654	0.257816	x	171.687	x
Thallium	Air	μg	x	0.016135	0.018098	0.012392	x	7.90519	x
Thorium	Air	μg	x	0.042353	0.047505	0.032526	x	20.7803	x
Thorium-228	Air	mBq	x	0.089814	0.100739	0.068975	x	44.5516	x
Thorium-230	Air	mBq	x	0.494789	0.554975	0.37999	x	252.912	x
Thorium-232	Air	mBq	x	0.056995	0.063928	0.043771	x	28.2522	x
Thorium-234	Air	mBq	x	0.044468	0.049878	0.034151	x	22.7376	x
Tin	Air	μg	x	0.048177	0.054038	0.037	x	23.743	x
Titanium	Air	mg	x	0.00635	0.007122	0.004876	x	3.08623	x
Toluene	Air	mg	x	1.62586	1.82363	1.24864	x	7.28038	x
Uranium	Air	μg	x	0.04705	0.052773	0.036134	x	23.3084	x
Uranium-234	Air	mBq	x	0.532368	0.597125	0.40885	x	271.656	x
Uranium-235	Air	mBq	x	0.025804	0.028943	0.019817	x	13.2025	x
Uranium-238	Air	mBq	x	0.688947	0.77275	0.5291	x	349.621	x
Uranium alpha	Air	mBq	x	1.59084	1.78435	1.22174	x	814.968	x
Vanadium	Air	mg	x	1.18771	1.33219	0.912146	x	13.8776	x
VOC, volatile organic	Air	g	8.539	0.89161	0.6744	0.4625	x	x	x
water	Air	kg	0.00312	x	x	x	22.237	x	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Xenon-131m	Air	Bq	x	0.016785	0.018827	0.012891	x	8.58433	x
Xenon-133	Air	Bq	x	4.94789	5.54975	3.7999	x	2529.12	x
Xenon-133m	Air	Bq	x	0.00248	0.002782	0.001905	x	1.27135	x
Xenon-135	Air	Bq	x	0.84302	0.945565	0.647426	x	431.933	x
Xenon-135m	Air	Bq	x	0.0833	0.093433	0.063973	x	42.65	x
Xenon-137	Air	Bq	x	0.002067	0.002318	0.001587	x	1.05674	x
Xenon-138	Air	Bq	x	0.022547	0.02529	0.017316	x	11.5454	x
Xylene	Air	mg	x	1.10858	1.24343	0.85137	x	26.8858	x
Zinc	Air	mg	x	0.04814	0.194494	0.037066	x	3.12404	x
Zinc-65	Air	μBq	x	0.326936	0.366705	0.251082	x	167.34	x
Zirconium	Air	μg	x	0.010973	0.012308	0.008427	x	1.32296	x
Zirconium-95	Air	μBq	x	0.004885	0.00548	0.003752	x	2.49924	x
Acenaphthylene	Water	mg	x	0.000836	0.000937	0.000642	x	2.20313	x
Acids, unspecified	Water	μg	x	2.98126	3.3439	2.28956	x	450.949	x
Aluminum	Water	g	x	0.005097	0.005717	0.003914	x	1.80381	x
Americium-241	Water	mBq	x	0.184137	0.206535	0.141414	x	94.2646	x
Ammonia, as N	Water	mg	x	12.0628	13.5302	9.26406	x	30.0723	x
Antimony	Water	μg	x	0.092319	0.103548	0.070899	x	27.9806	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěrky	výroba štěrky	doprava štěrky	manipulace štěpkou	skladování štěrky	elektrická energie	popel
Antimony-122	Water	μBq	x	0.921936	1.03408	0.708032	x	469.965	x
Antimony-124	Water	mBq	x	0.131526	0.147525	0.10101	x	67.6423	x
Antimony-125	Water	mBq	x	0.007516	0.00843	0.005772	x	3.83035	x
AOX, Adsorbable	Water	μg	x	29.8001	33.4249	22.886	x	47.404	x
Arsenic, ion	Water	mg	x	0.015846	0.017773	0.012169	x	3.56252	x
Barite	Water	mg	x	126.516	141.905	97.162	x	277.089	x
Barium	Water	mg	x	19.0274	21.342	14.6128	x	171.958	x
Barium-140	Water	μBq	x	0.921936	1.03408	0.708032	x	469.965	x
Benzene	Water	mg	x	0.955631	1.07187	0.73391	x	1.70383	x
Benzene, ethyl-	Water	μg	x	176.12	197.543	135.257	x	308.601	x
Benzene, chloro-	Water	pg	x	1.428	1.6017	1.09668	x	187.986	x
Beryllium	Water	μg	x	0.006388	0.007166	0.004906	x	3.23271	x
BOD5, Biological	Water	mg	x	1.00962	1.13243	0.775372	x	4.15172	x
Boron	Water	mg	x	0.25466	0.285637	0.195575	x	3.09688	x
Cadmium-109	Water	μBq	x	0.005324	0.005971	0.004089	x	2.71656	x
Cadmium, ion	Water	μg	x	9.03146	10.13	6.93602	x	123.766	x
Calcium, ion	Water	g	x	0.291988	0.327506	0.224242	x	2.33624	x
Carbon-14	Water	Bq	x	0.00932	0.010453	0.007157	x	4.78115	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěrky	výroba štěrky	doprava štěrky	manipulace štěpkou	skladování štěrky	elektrická energie	popel
Cerium-141	Water	μBq	x	0.137789	0.15455	0.10582	x	70.3589	x
Cerium-144	Water	Bq	x	0.004221	0.004735	0.003242	x	2.15697	x
Cesium	Water	μg	x	7.35043	8.24454	5.64502	x	13.0748	x
Cesium-134	Water	Bq	x	0.009426	0.010572	0.007239	x	4.83548	x
Cesium-136	Water	μBq	x	0.004948	0.00555	0.0038	x	2.5264	x
Cesium-137	Water	Bq	x	0.086796	0.097354	0.066658	x	44.4022	x
Cobalt	Water	mg	x	0.009132	0.010243	0.007013	x	3.4772	x
Cobalt-57	Water	μBq	x	0.945736	1.06078	0.72631	x	483.548	x
Cobalt-58	Water	mBq	x	0.799178	0.89639	0.613756	x	410.201	x
Cobalt-60	Water	Bq	x	0.040787	0.045748	0.031324	x	20.8795	x
COD, Chemical Oxygen	Water	mg	x	26.5808	29.8141	20.4136	x	32.7889	x
Copper, ion	Water	mg	x	0.037416	0.041967	0.028735	x	8.92618	x
Curium alpha	Water	mBq	x	0.244263	0.273975	0.18759	x	124.962	x
Cyanide	Water	μg	x	33.1321	37.1622	25.4449	x	207.219	x
DOC, Dissolved Organic	Water	mg	x	0.005787	0.006491	0.004444	x	2.77361	x
Ethane, 1,1,1-trichloro-,	Water	ng	x	0.350736	0.3934	0.26936	x	75.792	x
Ethane, dichloro-	Water	mg	x	0.000128	0.000143	9.81E-05	x	1.3773	x
Ethane, hexachloro-	Water	ng	x	0.002831	0.003175	0.002174	x	30.6971	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Ethene, chloro-	Water	µg	x	9.55E-05	0.000107	7.33E-05	x	1.03229	x
Ethene, tetrachloro-	Water	µg	x	0.000337	0.000378	0.000259	x	3.64019	x
Ethene, trichloro-	Water	µg	x	0.021295	0.023885	0.016354	x	229.549	x
Fatty acids as C	Water	mg	x	37.153	41.6723	28.5329	x	65.3333	x
Fluoride	Water	mg	x	0.934713	1.04841	0.717844	x	9.54029	x
Formaldehyde	Water	ng	x	1.18374	1.32773	0.90909	x	205.915	x
Glutaraldehyde	Water	µg	x	15.6579	17.5625	12.025	x	34.2287	x
Heat, waste	Water	MJ	x	0.203565	0.228327	0.156335	x	1.03148	x
Hydrocarbons, aliphatic,	Water	mg	x	0.95488	1.07103	0.733333	x	1.69459	x
Hydrocarbons, aliphatic,	Water	µg	x	88.1601	98.8839	67.7056	x	156.365	x
Hydrocarbons, aromatic	Water	mg	x	4.38295	4.9161	3.36604	x	7.90791	x
Hydrocarbons,	Water	µg	x	2.1921	2.45875	1.6835	x	597.643	x
Hydrogen-3, Tritium	Water	Bq	x	276.618	310.266	212.438	x	141397	x
Hydrogen sulfide	Water	µg	x	0.99083	1.11135	0.760942	x	81.4968	x
Hypochlorite	Water	mg	x	0.029712	0.033327	0.022819	x	15.1041	x
Hypochlorous acid	Water	mg	x	0.029712	0.033327	0.022819	x	15.1041	x
Chloride	Water	g	x	4.01593	4.50443	3.08417	x	18.3639	x
Chlorinated solvents,	Water	µg	x	0.079417	0.089077	0.060991	x	2.77089	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Chloroform	Water	µg	x	0.077914	0.087391	0.059836	x	842.134	x
Chromium-51	Water	mBq	x	0.020293	0.022761	0.015584	x	10.3501	x
Chromium VI	Water	µg	x	0.007203	0.008079	0.005532	x	3.55869	x
Chromium, ion	Water	mg	x	0.112361	0.126029	0.086291	x	17.7973	x
Iodide	Water	mg	x	0.735043	0.824454	0.564502	x	1.28004	x
Iodine-129	Water	Bq	x	0.026681	0.029927	0.020491	x	1.36E+01	x
Iodine-131	Water	mBq	x	0.017662	0.019811	0.013564	x	9.01898	x
Iodine-133	Water	mBq	x	0.004221	0.004735	3.24E-03	x	2.15E+00	x
Iron	Water	g	x	0.008654	0.009707	0.006646	x	2.74506	x
Iron-59	Water	µBq	x	0.016284	0.018265	0.012506	x	8.33984	x
Lanthanum-140	Water	µBq	x	0.191652	0.214965	0.147186	x	97.5245	x
Lead	Water	mg	x	0.048164	0.054022	0.036989	x	10.8974	x
Lead-210	Water	mBq	x	0.541136	0.60696	0.415584	x	271.656	x
Magnesium	Water	g	x	0.016184	0.018153	0.012429	x	1.48267	x
Manganese	Water	mg	x	0.536126	0.60134	0.411736	x	42.7695	x
Manganese-54	Water	Bq	x	0.00625	0.007011	0.0048	x	3.19745	x
Mercury	Water	µg	x	0.12376	0.138814	0.095046	x	4.16557	x
Methane, dichloro-,	Water	µg	x	58.4978	65.6135	44.9254	x	144.521	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Methane, tetrachloro-,	Water	µg	x	0.000514	0.000576	0.000394	x	5.54178	x
Molybdenum	Water	mg	x	0.021608	0.024236	0.016595	x	6.52355	x
Molybdenum-99	Water	µBq	x	0.064385	0.072217	0.049447	x	32.8704	x
Neptunium-237	Water	mBq	x	0.011762	0.013193	0.009033	x	6.03076	x
Nickel, ion	Water	mg	x	0.045095	0.05058	0.034632	x	8.91021	x
Niobium-95	Water	µBq	x	0.523599	0.58729	0.402116	x	267.31	x
Nitrate	Water	mg	x	5.13578	5.7605	3.9442	x	41.1559	x
Nitrite	Water	mg	x	0.007631	0.008559	0.005861	x	3.77955	x
Nitrogen, organic bound	Water	mg	x	2.58292	2.89711	1.98364	x	1.53757	x
Nitrogen, total	Water	mg	x	15.9961	17.9419	12.2847	x	16.4352	x
Oils, unspecified	Water	mg	x	134.545	150.911	103.328	x	239.736	x
PAH, polycyclic	Water	µg	x	95.5381	107.159	73.3717	x	179.293	x
Phenols, unspecified	Water	mg	x	0.910662	1.02144	0.699374	x	1.87986	x
Phosphate	Water	mg	x	0.365142	0.409558	0.280423	x	105.984	x
Phosphorus compounds,	Water	µg	x	3.57	4.00425	2.7417	x	11.2466	x
Phthalate, dimethyl tere-	Water	µg	x	0.000532	0.000597	0.000409	x	1.40446	x
Phthalate, dioctyl-	Water	ng	x	0.013904	0.015596	0.010678	x	122.517	x
Phthalate, p-dibutyl-	Water	ng	x	0.084678	0.094978	0.065031	x	223.03	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Plutonium-241	Water	Bq	x	0.018163	0.020373	0.013949	x	9.3178	x
Plutonium-alpha	Water	mBq	x	0.732789	0.821925	0.56277	x	374.885	x
Polonium-210	Water	mBq	x	0.541136	0.60696	0.415584	x	271.656	x
Potassium	Water	mg	x	37.8545	42.4591	29.0716	x	590.308	x
Potassium-40	Water	mBq	x	0.680178	0.762915	0.522366	x	342.287	x
Protactinium-234	Water	mBq	x	0.822978	0.923085	0.632034	x	421.067	x
Radioactive species,	Water	μBq	x	0.060753	0.068143	0.046657	x	30.9688	x
Radioactive species,	Water	mBq	x	0.55241	0.619605	0.424242	x	282.522	x
Radioactive species,	Water	μBq	x	0.398336	0.44679	0.305916	x	204.014	x
Radium-224	Water	Bq	x	0.367522	0.412227	0.282251	x	0.64138	x
Radium-226	Water	Bq	x	4.12366	4.62526	3.1669	x	1737.02	x
Radium-228	Water	Bq	x	0.735043	0.824454	0.564502	x	1.28004	x
Ruthenium	Water	μg	x	73.5043	82.4454	56.4502	x	130.368	x
Ruthenium-103	Water	μBq	x	0.3094	0.347035	0.237614	x	157.832	x
Ruthenium-106	Water	Bq	x	0.044343	0.049737	0.034055	x	22.7104	x
Salts, unspecified	Water	g	x	0.009545	0.010706	0.00733	x	4.83548	x
Selenium	Water	mg	x	0.029249	0.032807	0.022463	x	9.02292	x
Silicon	Water	μg	x	65.5125	73.4815	50.3126	x	714.455	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Silver	Water	µg	x	4.4556	4.99758	3.42183	x	9.75245	x
Silver-110	Water	mBq	x	0.512326	0.574645	0.393458	x	262.148	x
Sodium-24	Water	mBq	x	0.028435	0.031894	0.021837	x	14.5064	x
Sodium, ion	Water	g	x	2.40254	2.69479	1.84512	x	6.0199	x
Solved substances	Water	mg	x	1.91527	2.14825	1.4709	x	742.436	x
Strontium	Water	mg	x	44.5435	49.9618	34.2087	x	98.3395	x
Strontium-89	Water	mBq	x	0.002079	0.002332	0.001597	x	1.06489	x
Strontium-90	Water	Bq	x	0.008882	0.009962	0.006821	x	4.53705	x
Sulfate	Water	g	x	0.188145	0.211031	0.144492	x	18.2974	x
Sulfide	Water	mg	x	0.240505	0.26976	0.184704	x	0.428945	x
Sulfur trioxide	Water	mg	x	0.004071	0.004566	0.003127	x	7.49771	x
t-Butyl methyl ether	Water	ng	x	6.41347	7.1936	4.92544	x	69.1908	x
Technetium-99	Water	Bq	x	0.00466	0.005227	0.003579	x	2.38514	x
Technetium-99m	Water	µBq	x	0.434663	0.487535	0.333814	x	221.943	x
Tellurium-123m	Water	µBq	x	0.038832	0.043555	0.029822	x	19.8581	x
Tellurium-132	Water	µBq	x	0.015908	0.017844	0.012217	x	8.14968	x
Thorium-228	Water	Bq	x	1.46558	1.64385	1.12554	x	2.559	x
Thorium-230	Water	Bq	x	0.129021	0.144715	0.099086	x	65.7408	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Thorium-232	Water	mBq	x	0.126516	0.141905	0.097162	x	63.8392	x
Thorium-234	Water	mBq	x	0.829241	0.93011	0.636844	x	423.783	x
Tin, ion	Water	µg	x	0.0357	0.040043	0.027417	x	17.9836	x
Titanium, ion	Water	mg	x	0.273073	0.30629	0.209716	x	104.859	x
TOC, Total Organic	Water	mg	x	111.359	124.905	85.5218	x	265.136	x
Toluene	Water	mg	x	0.794668	0.891332	0.610293	x	1.41696	x
Tributyltin	Water	µg	x	6.40094	7.17955	4.91582	x	43.7366	x
Triethylene glycol	Water	mg	x	0.005787	0.006491	0.004444	x	2.77361	x
Tungsten	Water	µg	x	0.1666	0.186865	0.127946	x	82.3118	x
Undissolved substances	Water	g	x	0.394453	0.442435	0.302934	x	1.09749	x
Uranium-234	Water	mBq	x	1.09981	1.23359	0.844636	x	562.328	x
Uranium-235	Water	mBq	x	1.64095	1.84055	1.26022	x	839.417	x
Uranium-238	Water	Bq	x	0.002793	0.003133	0.002145	x	1.42619	x
Uranium alpha	Water	Bq	x	0.053765	0.060305	0.041291	x	27.5155	x
Vanadium, ion	Water	mg	x	0.030126	0.03379	0.023136	x	9.4846	x
VOC, volatile organic	Water	mg	x	2.57666	2.89009	1.97883	x	4.49047	x
Xylene	Water	mg	x	0.690575	0.774577	0.530351	x	1.2287	x
Yttrium-90	Water	µBq	x	0.106474	0.119425	0.08177	x	54.3312	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěpky	výroba štěpky	doprava štěpky	manipulace štěpkou	skladování štěpky	elektrická energie	popel
Zinc-65		mBq	x	0.059876	0.067159	0.045984	x	30.6971	x
Zinc, ion	Water	mg	x	0.232363	0.260628	0.178451	x	18.7282	x
Zirconium-95	Water	mBq	x	0.377169	0.423048	0.28966	x	193.212	x
Aluminum	Soil	mg	x	8.41767	9.4416	6.46464	x	18.1466	x
Arsenic	Soil	µg	x	3.36957	3.77945	2.58778	x	7.25322	x
Cadmium	Soil	ng	x	145.305	162.98	111.592	x	274.373	x
Calcium	Soil	mg	x	33.6957	37.7945	25.8778	x	72.5322	x
Carbon	Soil	mg	x	26.18	29.3645	20.1058	x	55.9611	x
Cobalt	Soil	ng	x	200.421	224.8	153.92	x	347.72	x
Copper	Soil	µg	x	1.00085	1.12259	0.768638	x	1.74403	x
Heat, waste	Soil	MJ	x	0.000567	0.000636	0.000436	x	2.6405	x
Chromium	Soil	µg	x	42.0884	47.208	32.3232	x	90.7331	x
Iron	Soil	mg	x	16.7852	18.827	12.8908	x	36.4019	x
Lead	Soil	µg	x	4.55957	5.1142	3.50168	x	7.95952	x
Manganese	Soil	mg	x	0.336957	0.377945	0.258778	x	0.725322	x
Mercury	Soil	ng	x	27.4326	30.7695	21.0678	x	52.4296	x
Nickel	Soil	µg	x	1.50316	1.686	1.1544	x	2.61605	x
Nitrogen	Soil	µg	x	7.75378	8.69695	5.95478	x	17.3045	x

látko nebo sloučenina	Složka životního prostředí	jednotka	spalování štěrky	výroba štěrky	doprava štěrky	manipulace štěpkou	skladování štěrky	elektrická energie	popel
Oils, biogenic	Soil	µg	x	0.553662	0.62101	0.425204	x	733.471	x
Oils, unspecified	Soil	mg	x	6.33831	7.1093	4.86772	x	12.2245	x
Phosphorus	Soil	mg	x	0.430905	0.48332	0.330928	x	0.942646	x
Sulfur	Soil	mg	x	5.06063	5.6762	3.88648	x	10.8934	x
Zinc	Soil	µg	x	136.537	153.145	104.858	x	290.672	x

Příloha 8: Srovnávací analýza – LCI procesů

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
1	Baryte, in grand	Raw	g	3.24141	x	x
2	Bauxite, in ground	Raw	g	2.25223	x	x
3	Clay, bentonite, in ground	Raw	g	1.59597	x	x
4	Clay, unspecified, in ground	Raw	g	2.85235	x	x
5	Coal, 18 MJ per kg, in ground	Raw	kg	1.10027	54.7855	0.529851
6	Coal, brown, 8 MJ per kg, in ground	Raw	kg	1.37686	1.16172	0.706468
7	Cobalt, in ground	Raw	ng	70.6345	x	x
8	Copper, in ground	Raw	g	6.36558	x	x
9	Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	Raw	MJ	6.09221	5.08251	3.08458
10	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/kg	Raw	g	7.42052	x	x
11	Gas, natural, 35 MJ per m3, in ground	Raw	m3	0.189119	0.693069	27.8607
12	Gas, petroleum, 35 MJ per m3, in ground	Raw	l	46.515	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
13	Gravel, in ground	Raw	g	78.2602	x	x
14	Chromium, in ground	Raw	mg	83.3571	x	x
15	Iron, in grand	Raw	g	27.1751	x	x
16	Land use II-III	Raw	m2a	0.350072	x	x
17	Land use II-III, sea floor	Raw	cm2a	516.581	x	x
18	Land use II-IV	Raw	cm2a	58.5464	x	x
19	Land use II-IV, sea floor	Raw	cm2a	53.3417	x	x
20	Land use III-IV	Raw	cm2a	35.7825	x	x
21	Land use IV-IV	Raw	mm2a	27.4412	x	x
22	Lead, in grand	Raw	mg	414.202	x	x
23	Manganese, in ground	Raw	mg	14.343	x	x
24	Marl, in grand	Raw	g	31.6268	x	x
25	Molybdenum, in ground	Raw	µg	1.14918	x	x
26	Nickel, in ground	Raw	mg	58.9412	x	x
27	Oil, crude, 42.6 MJ per kg, in ground	Raw	g	679.397	887.789	181.095
28	Palladium, in ground	Raw	µg	5.26769	x	x
29	Platinum, in ground	Raw	µg	5.92655	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
30	Rhenium, in ground	Raw	µg	4.39816	x	x
31	Rhodium, in ground	Raw	µg	5.59698	x	x
32	Sand, unspecified, in ground	Raw	g	7.08792	x	x
33	Silver, in ground	Raw	mg	2.13613	x	x
34	Sodium chloride, in ground	Raw	g	1.83975	x	x
35	Tin, in ground	Raw	mg	1.19026	x	x
36	Uranium, 560 GJ per kg, in ground	Raw	mg	x	78.8779	48.01
37	Volume occupied, reservoir	Raw	mg	93.4312	x	x
38	Water, turbine use, unspecified natural origin	Raw	m3day	48.463	x	x
39	Water, unspecified natural origin/kg	Raw	m3	31.9644	x	x
40	Wood, dry matter	Raw	kg	198.542	x	x
41	Zinc, in ground	Raw	g	46.5552	x	x
42	Acetaldehyde	Air	g	x	524.752	5.199
43	Acetic acid	Air	µg	533.454	x	x
44	Acetone	Air	mg	2.05113	x	x
45	Acrolein	Air	mg	9.18805	x	x
46	Aldehydes, unspecified	Air	mg	2.04294	x	x
47	Aluminum	Air	ng	34.7724	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
48	Americium-241	Air	µg	74.582	x	x
49	Ammonia	Air	mg	69.1815	x	x
50	Antimony	Air	µBq	718.509	x	x
51	Antimony-124	Air	mg	16.0243	51.4851	5.67164
52	Antimony-125	Air	µg	65.6009	x	x
53	Argon-41	Air	µBq	10.6	x	x
54	Arsenic	Air	µBq	1.34955	x	x
55	Barium	Air	Bq	83.8689	x	x
56	Barium-140	Air	µg	390.575	x	x
57	Benzaldehyde	Air	mg	1.12858	x	x
58	Benzene	Air	µBq	150.801	x	x
59	Benzene, ethyl-	Air	ng	11.9318	x	x
60	Benzene, hexachloro-	Air	mg	9.45791	498.35	370.647
61	Benzene, pentachloro-	Air	mg	7.06853	x	x
62	Benzo(a)anthracene	Air	ng	32.086	x	x
63	Benzo(a)pyrene	Air	ng	85.6534	x	x
64	Benzo(b)fluoranthene	Air	µg	33.7706	x	x
65	Beryllium	Air	µg	16.5748	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
66	Boron	Air	µg	21.1066	x	x
67	Bromine	Air	µg	12.0648	x	x
68	Butane	Air	mg	52.4559	x	x
69	Butene	Air	mg	5.38724	x	x
70	Cadmium	Air	mg	61.2725	x	x
71	Calcium	Air	mg	1.3315	x	x
72	Carbon-14	Air	mg	0.192026	1.08581	0.042786
73	Carbon dioxide	Air	mg	84.3024	x	x
74	Carbon dioxide, fossil	Air	Bq	57.9161	x	x
75	Carbon monoxide	Air	kg	4.57284	93.7294	56.9652
76	Carbon monoxide, biogenic	Air	kg	1.32429	x	x
77	Carbon monoxide, fossil	Air	g	3.58831	103.63	24.1294
78	Cerium-141	Air	g	29.74	x	x
79	Cerium-144	Air	g	6.42072	x	x
80	Cesium-134	Air	µBq	3.57885	x	x
81	Cesium-137	Air	mBq	7.64944	x	x
82	Cobalt	Air	mBq	27.3191	x	x
83	Cobalt-57	Air	mBq	52.7261	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
84	Cobalt-58	Air	µg	593.184	x	x
85	Cobalt-60	Air	nBq	66.3852	x	x
86	Copper	Air	mBq	1.09821	x	x
87	Curium-242	Air	mBq	1.63366	x	x
88	Curium-244	Air	mg	1.63793	x	x
89	Curium alpha	Air	nBq	3.79734	x	x
90	Cyanide	Air	nBq	34.4223	x	x
91	Dibenz(a,h)anthracene	Air	mBq	1.14193	x	x
92	Dinitrogen monoxide	Air	µg	34.0471	x	x
93	Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	Air	µg	4.22133	x	x
94	Ethane	Air	g	0.183032	1.14851	0.614428
95	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	pg	964.373	x	x
96	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Air	mg	46.3129	x	x
97	Ethane, dichloro-	Air	pg	-3.33E-06	x	x
98	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	µg	781.316	x	x
99	Ethanol	Air	mg	2.67924	x	x
100	Ethene	Air	µg	24.4702	x	x
101	Ethene, chloro-	Air	mg	4.09406	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
102	Ethyne	Air	mg	7.6784	x	x
103	Fluoranthene	Air	µg	437.483	x	x
104	Formaldehyde	Air	µg	79.6086	x	x
105	Heat, waste	Air	µg	189.96	x	x
106	Helium	Air	mg	14.3926	x	x
107	Heptane	Air	MJ	252.32	x	x
108	Hexane	Air	mg	46.8599	x	x
109	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Air	mg	12.2194	x	x
110	Hydrocarbons, aliphatic, alkenes, unspecified	Air	mg	25.6969	x	x
111	Hydrocarbons, aromatic	Air	mg	27.4309	x	x
112	Hydrogen-3, Tritium	Air	mg	6.37352	x	x
113	Hydrogen fluoride	Air	mg	0.844017	243.894	205.224
114	Hydrogen chloride	Air	µg	x	2.05941	1.25373
115	Hydrogen sulfide	Air	Bq	598.278	x	x
116	Chloroform	Air	g	0.105807	1.80858	0.037562
117	Chromium	Air	g	0.803241	49.1749	0.355721
118	Chromium-51	Air	mg	5.0785	x	x
119	Chrysene	Air	µg	70.9211	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
120	Iodine	Air	µg	538.611	x	x
121	Iodine-129	Air	µBq	135.777	x	x
122	Iodine-131	Air	µg	84.4266	x	x
123	Iodine-133	Air	mg	2.44091	x	x
124	Iodine-135	Air	mBq	205.712	x	x
125	Iron	Air	mBq	22.8114	x	x
126	Iron-59	Air	mBq	12.7852	x	x
127	Krypton-85	Air	mBq	19.1506	x	x
128	Krypton-85m	Air	mg	48.6124	x	x
129	Krypton-87	Air	µBq	1.50254	x	x
130	Krypton-88	Air	kBq	3551.4	x	x
131	Krypton-89	Air	Bq	4.17986	x	x
132	Lanthanum	Air	Bq	1.87138	x	x
133	Lanthanum-140	Air	Bq	167.191	x	x
134	Lead	Air	Bq	1.31133	x	x
135	Lead-210	Air	µg	32.52	x	x
136	Magnesium	Air	µBq	95.6153	x	x
137	Manganese	Air	mg	2.52735	79.2079	0.412935

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
138	Manganese-54	Air	mBq	634.133	x	x
139	Mercury	Air	mg	24.6691	x	x
140	Methane	Air	mg	1.70144	20.231	0.178607
141	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Air	µBq	39.3389	x	x
142	Methane, dichloro-, HCC-30	Air	mg	0.258747	3.0198	1.80348
143	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	g	x	20.9901	0.107463
144	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	g	9.76374	386.139	160.697
145	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	µg	263.486	113.201	43.2836
146	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	Air	µg	7.83232	x	x
147	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	µg	6.36535	x	x
148	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	µg	41.4701	x	x
149	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	µg	8.27063	x	x
150	Methanol	Air	µg	3.98862	x	x
151	Molybdenum	Air	µg	220.286	x	x
152	Neptunium-237	Air	µg	633.142	x	x
153	Nickel	Air	µg	29.5054	x	x
154	Niobium-95	Air	mg	4.12441	x	x
155	Nitrogen	Air	µg	208.598	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
156	Nitrogen oxides	Air	nBq	37.7003	x	x
157	NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Air	mg	5.08246	59.0759	2.47264
158	Noble gases, radioactive, unspecified	Air	µBq	6.93915	x	x
159	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Air	mg	51.1229	x	x
160	Particulates	Air	g	128.726	230.693	58.209
161	Particulates, < 10 µm (mobile)	Air	g	5.27079	18.3168	13.3831
162	Particulates, < 10 µm (stationary)	Air	Bq	4.99947	x	x
163	Particulates, > 10 µm (process)	Air	mg	102.313	0.389439	9.25373
164	Pentane	Air	g	0.464401	69.3069	3.0597
165	Phenanthrene	Air	mg	35.5997	x	x
166	Phenol	Air	g	49.9773	x	x
167	Phenol, pentachloro-	Air	g	4.18957	x	x
168	Phosphorus, total	Air	mg	79.7151	x	x
169	Platinum	Air	mg	1.05533	x	x
170	Plutonium-238	Air	µg	7.76024	x	x
171	Plutonium-241	Air	ng	13.8405	x	x
172	Plutonium-alpha	Air	mg	1.10599	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
173	Polonium-210	Air	ng	34.8174	x	x
174	Potassium	Air	nBq	85.7814	x	x
175	Potassium-40	Air	mBq	62.8334	x	x
176	Promethium-147	Air	mBq	2.28386	x	x
177	Propane	Air	mBq	945.645	x	x
178	Propene	Air	mg	14.0994	x	x
179	Propionic acid	Air	mBq	107.93	x	x
180	Protactinium-234	Air	mBq	19.4237	x	x
181	Radioactive species, other beta emitters	Air	mg	63.781	x	x
182	Radium-226	Air	mg	3.10004	x	x
183	Radium-228	Air	µg	134.701	x	x
184	Radon-220	Air	mBq	22.8661	x	x
185	Radon-222	Air	µBq	4.83557	x	x
186	Ruthenium-103	Air	kBq	x	6864.69	4179.1
187	Ruthenium-106	Air	mBq	816.291	x	x
188	Scandium	Air	mBq	53.0078	x	x
189	Selenium	Air	Bq	4.99997	x	x
190	Silicon	Air	kBq	5136.56	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
191	Silver-110	Air	nBq	393.385	x	x
192	Sodium	Air	mBq	228.386	x	x
193	Strontium	Air	µg	10.8754	x	x
194	Strontium-89	Air	µg	742.393	x	x
195	Strontium-90	Air	mg	254.037	x	x
196	Sulfur dioxide	Air	µBq	38.7923	x	x
197	Sulfur oxides	Air	mg	13.5322	x	x
198	t-Butyl methyl ether	Air	mg	1.11224	x	x
199	Technetium-99	Air	µBq	68.5693	x	x
200	Tellurium-123m	Air	mBq	37.7003	x	x
201	Thallium	Air	g	18.32	x	x
202	Thorium	Air	g	28.2703	537.954	32.0896
203	Thorium-228	Air	ng	916.233	x	x
204	Thorium-230	Air	µBq	1.59816	x	x
205	Thorium-232	Air	µBq	172.657	x	x
206	Thorium-234	Air	µg	7.95181	x	x
207	Tin	Air	µg	20.9027	x	x
208	Titanium	Air	mBq	44.8111	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
209	Toluene	Air	mBq	254.341	x	x
210	Uranium	Air	mBq	28.4169	x	x
211	Uranium-234	Air	mBq	22.8661	x	x
212	Uranium-235	Air	µg	23.8822	x	x
213	Uranium-238	Air	mg	3.10458	x	x
214	Uranium alpha	Air	mg	11.9785	x	x
215	Vanadium	Air	µg	23.4443	x	x
216	VOC, volatile organic compounds	Air	mBq	273.194	x	x
217	Water	Air	mBq	13.277	x	x
218	Xenon-131m	Air	mBq	351.612	x	x
219	Xenon-133	Air	mBq	819.565	x	x
220	Xenon-133m	Air	mg	17.3097	x	x
221	Xenon-135	Air	g	2.02851	x	x
222	Xenon-135m	Air	kg	22.2401	x	x
223	Xenon-137	Air	Bq	8.63283	x	x
224	Xenon-138	Air	kBq	2.54341	x	x
225	Xylene	Air	Bq	1.27852	x	x
226	Zinc	Air	Bq	434.369	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
227	Zinc-65	Air	Bq	42.8907	x	x
228	Zirconium	Air	Bq	1.06271	x	x
229	Zirconium-95	Air	Bq	11.6105	x	x
230	Acenaphthylene	Water	mg	30.0892	x	x
231	Acids, unspecified	Water	mg	3.40374	63.0363	0.853234
232	Aluminum	Water	μBq	168.285	x	x
233	Americium-241	Water	μg	1.35467	x	x
234	Ammonia, as N	Water	μBq	2.51335	x	x
235	Antimony	Water	mg	2.20554	x	x
236	Antimony-122	Water	μg	459.564	x	x
237	Antimony-124	Water	g	1.81854	87.1287	0.860697
238	Antimony-125	Water	mBq	94.7967	x	x
239	AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	Water	mg	64.9294	x	x
240	Arsenic, ion	Water	mg	x	138.944	20.1741
241	Barite	Water	μg	28.2473	x	x
242	Barium	Water	μBq	472.629	x	x
243	Barium-140	Water	mBq	68.0224	x	x
244	Benzene	Water	mBq	3.85207	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
245	Benzene, ethyl-	Water	µg	133.515	158.086	32.5871
246	Benzene, chloro-	Water	mg	3.60831	174.257	1.73134
247	Beryllium	Water	mg	642.672	x	x
248	BOD5, Biological Oxygen Demand	Water	g	0.22694	7.09571	0.090299
249	Boron	Water	µBq	472.629	x	x
250	Cadmium-109	Water	mg	4.46524	x	x
251	Cadmium, ion	Water	µg	817.521	x	x
252	Calcium, ion	Water	pg	192.112	x	x
253	Carbon-14	Water	µg	3.25117	x	x
254	Cerium-141	Water	mg	7.06914	2.61056	2.76119
255	Cerium-144	Water	mg	3.83275	x	x
256	Cesium	Water	µBq	2.73194	x	x
257	Cesium-134	Water	mg	0.149864	4.42244	0.057214
258	Cesium-136	Water	g	3.17998	x	x
259	Cesium-137	Water	Bq	4.80808	x	x
260	Cobalt	Water	µBq	70.7571	x	x
261	Cobalt-57	Water	Bq	2.16917	x	x
262	Cobalt-58	Water	µg	34.3148	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
263	Cobalt-60	Water	Bq	4.86271	x	x
264	COD, Chemical Oxygen Demand	Water	µBq	2.5407	x	x
265	Copper, ion	Water	Bq	44.653	x	x
266	Curium alpha	Water	mg	3.50358	x	x
267	Cyanide	Water	µBq	486.281	x	x
268	DOC, Dissolved Organic Carbon	Water	mBq	412.51	x	x
269	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Water	Bq	20.9973	x	x
270	Ethane, dichloro-	Water	mg	109.597	91.0891	37.3134
271	Ethane, hexachloro-	Water	mg	9.0343	435.644	4.25373
272	Ethene, chloro-	Water	mBq	125.668	x	x
273	Ethene, tetrachloro-	Water	µg	302.958	607.261	68.1592
274	Ethene, trichloro-	Water	mg	2.79033	2.72937	407.96
275	Fatty acids as C	Water	ng	76.8055	x	x
276	Fluoride	Water	mg	1.37767	x	x
277	Formaldehyde	Water	ng	30.7053	x	x
278	Glutaraldehyde	Water	µg	1.03257	x	x
279	Heat, waste	Water	µg	3.64116	x	x
280	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Water	µg	229.611	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
281	Hydrocarbons, aliphatic, alkenes, unspecified	Water	mg	172.691	x	x
282	Hydrocarbons, aromatic	Water	mg	12.2413	x	x
283	Hydrocarbons, unspecified	Water	ng	209.336	x	x
284	Hydrogen-3, Tritium	Water	µg	79.474	x	x
285	Hydrogen sulfide	Water	MJ	1.6197	x	x
286	Hypochlorite	Water	mg	4.45383	x	x
287	Hypochlorous acid	Water	µg	411.115	x	x
288	Chloride	Water	mg	20.573	37.9538	57.7114
289	Chlorinated solvents, unspecified	Water	µg	x	50.165	430.348
290	Chloroform	Water	µg	603.978	x	x
291	Chromium-51	Water	kBq	142.196	x	x
292	Chromium VI	Water	µg	84.3599	x	x
293	Chromium, ion	Water	mg	15.1899	x	x
294	Iodide	Water	mg	15.1899	x	x
295	Iodine-129	Water	g	29.9685	458.746	10.8706
296	Iodine-131	Water	µg	3.00038	x	x
297	Iodine-133	Water	µg	842.359	x	x
298	Iron	Water	mg	x	874.587	11.3184

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
299	Iron-59	Water	mBq	10.4087	x	x
300	Lanthanum-140	Water	µg	3.57951	x	x
301	Lead	Water	mg	18.122	x	x
302	Lead-210	Water	mg	3.40404	x	x
303	Magnesium	Water	Bq	13.7142	x	x
304	Manganese	Water	mBq	9.07002	x	x
305	Manganese-54	Water	mBq	2.16643	x	x
306	Mercury	Water	g	2.77006	28.0858	1.39303
307	Methane, dichloro-, HCC-30	Water	µBq	8.38689	x	x
308	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Water	mg	x	0.00069	1.62935
309	Molybdenum	Water	µBq	98.0783	x	x
310	Molybdenum-99	Water	mg	11.0366	438.944	5.07463
311	Neptunium-237	Water	mBq	273.22	x	x
312	Nickel, ion	Water	g	1.52944	x	x
313	Niobium-95	Water	mg	44.3187	x	x
314	Nitrate	Water	Bq	3.21551	x	x
315	Nitrite	Water	µg	4.52319	2.93069	91.2935
316	Nitrogen, organic bound	Water	g	x	9.20792	0.145771

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
317	Nitrogen, total	Water	µg	313.558	x	x
318	Oils, unspecified	Water	µg	5.54327	x	x
319	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Water	mg	6.58599	x	x
320	Phenols, unspecified	Water	µBq	33.0564	x	x
321	Phosphate	Water	mBq	6.06475	x	x
322	Phosphorus compounds, unspecified	Water	mg	9.04051	438.944	4.32836
323	Phthalate, dimethyl tere-	Water	µBq	268.823	x	x
324	Phthalate, dioctyl-	Water	mg	55.9964	81.5182	26.1194
325	Phthalate, p-dibutyl-	Water	mg	3.8016	x	x
326	Plutonium-241	Water	mg	9.00125	x	x
327	Plutonium-alpha	Water	mg	62.6579	54.7855	12.4876
328	Polonium-210	Water	g	0.628521	1.18152	1.32587
329	Potassium	Water	µg	455.362	580.858	117.91
330	Potassium-40	Water	mg	4.51133	6.86469	5.77114
331	Protactinium-234	Water	g	0.107039	5.21452	0.051244
332	Radioactive species, alpha emitters	Water	µg	21.5625	x	x
333	Radioactive species, from fission and activation	Water	µg	1.406	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
334	Radioactive species, Nuclides, unspecified	Water	ng	122.557	x	x
335	Radium-224	Water	ng	223.274	x	x
336	Radium-226	Water	Bq	9.37029	x	x
337	Radium-228	Water	mBq	377.003	x	x
338	Ruthenium	Water	mBq	273.22	x	x
339	Ruthenium-103	Water	mg	699.694	x	x
340	Ruthenium-106	Water	mBq	344.252	x	x
341	Salts, unspecified	Water	mBq	423.445	x	x
342	Selenium	Water	kBq	x	63.0363	38.3085
343	Silicon	Water	µBq	31.1443	x	x
344	Silver	Water	mBq	284.118	x	x
345	Silver-110	Water	µBq	205.165	x	x
346	Sodium-24	Water	Bq	1.70338	x	x
347	Sodium, ion	Water	kBq	1.74894	x	x
348	Solved substances	Water	Bq	3.40404	x	x
349	Strontium	Water	µg	342.768	x	x
350	Strontium-89	Water	µBq	158.726	x	x
351	Strontium-90	Water	Bq	22.8386	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
352	Sulfate	Water	g	4.86306	x	x
353	Sulfide	Water	mg	9.10744	x	x
354	Sulfur trioxide	Water	µg	903.762	x	x
355	t-Butyl methyl ether	Water	µg	22.6275	x	x
356	Technetium-99	Water	mBq	263.628	x	x
357	Technetium-99m	Water	mBq	14.5886	x	x
358	Tellurium-123m	Water	g	12.9623	x	x
359	Tellurium-132	Water	mg	747.97	x	x
360	Thorium-228	Water	g	x	283.498	18.6816
361	Thorium-230	Water	mg	227.054	x	x
362	Thorium-232	Water	mBq	1.0709	x	x
363	Thorium-234	Water	Bq	4.56271	x	x
364	Tin, ion	Water	g	18.8411	396.04	9.72637
365	Titanium, ion	Water	mg	1.12391	1.47855	0.310945
366	TOC, Total Organic Carbon	Water	mg	7.50947	x	x
367	Toluene	Water	g	x	3.79538	28.1095
368	Tributyltin	Water	ng	87.7233	x	x
369	Triethylene glycol	Water	Bq	2.3986	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
370	Tungsten	Water	μBq	223.199	x	x
371	Undissolved substances	Water	μBq	19.9703	x	x
372	Uranium-234	Water	μBq	8.19565	x	x
373	Uranium-235	Water	Bq	6.79397	x	x
374	Uranium-238	Water	Bq	66.1136	x	x
375	Uranium alpha	Water	mBq	64.2047	x	x
376	Vanadium, ion	Water	mBq	426.18	x	x
377	VOC, volatile organic compounds as C	Water	μg	18.0868	x	x
378	Xylene	Water	mg	105.648	x	x
379	Yttrium-90	Water	g	0.586921	0.547855	27.6119
380	Zinc-65	Water	mg	3.71325	3.49835	5.57214
381	Zinc, ion	Water	μg	62.2329	x	x
382	Zirconium-95	Water	mg	2.79033	x	x
383	Aluminum	Soil	μg	82.7932	x	x
384	Arsenic	Soil	g	2.23731	x	x
385	Cadmium	Soil	mBq	565.506	x	x
386	Calcium	Soil	mBq	844.159	x	x
387	Carbon	Soil	Bq	1.43427	x	x

	Látka nebo sloučenina	Složka životního prostředí	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí	spalování zemního plynu
388	Cobalt	Soil	Bq	27.6709	x	x
389	Copper	Soil	mg	9.57165	x	x
390	Heat, waste	Soil	mg	11.9361	x	x
391	Chromium	Soil	mg	3.2242	x	x
392	Iron	Soil	μBq	54.6389	x	x
393	Lead	Soil	mBq	30.8701	x	x
394	Manganese	Soil	mg	19.3997	877.888	8.68159
395	Mercury	Soil	mBq	194.302	x	x
396	Nickel	Soil	mg	42.4705	x	x
397	Nitrogen	Soil	μg	16.99	x	x
398	Oils, biogenic	Soil	ng	694.25	x	x
399	Oils, unspecified	Soil	mg	169.9	x	x
400	Phosphorus	Soil	mg	131.611	x	x
401	Sulfur	Soil	ng	926.86	x	x
402	Zinc	Soil	μg	4.63612	x	x

Příloha 9: Tabulky srovnávací analýzy výroby tepla spalováním štěpky, uhlí a zemního plynu

Tabulka 58: Hodnocení škod srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indicator 99

kategorie dopadu	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí Buwal 250	spalování zemního plynu Buwal 250
lidské zdraví	DALY	3.48E-05	0.000106	2.02E-05
kvalita ekosystému	PDF*m2yr	1.03835	8.26306	0.418764
zdroje	MJ surplus	5.31267	74.3539	88.5735

Tabulka 59: Normalizace srovnávací LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indicator 99

kategorie dopadu	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí Buwal 250	spalování zemního plynu Buwal 250
karcinogeny		2.82E-05	0.001743	1.34E-05
organické látky způsobující respirační		4.14E-06	1.88E-06	1.28E-06
anorganické látky způsobující respirační		0.002125	0.003729	0.000472
změna klimatu		8.46E-05	0.001391	0.000823
radiace		9.43E-06	0	0
poškození ozonové vrstvy		3.14E-07	9.23E-08	3.53E-08
ekotoxická		1.30E-05	0.001245	1.03E-05
acidifikace a eutrofizace		0.000153	0.000366	7.14E-05
užívání půdy		3.66E-05	0	0
čerpání minerálů		4.06E-05	0	0
čerpání fosilních paliv		0.000852	0.012492	0.01488

Tabulka 60: Normalizace srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indikátor 99

kategorie dopadu	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí Buwal 250	spalování zemního plynu Buwal 250
lidské zdraví		0.002252	0.006864	0.00131
kvalita ekosystému		0.000202	0.001611	8.17E-05
zdroje		0.000893	0.012492	0.01488

Tabulka 61: Vážení srovnávací LCIA v jednotlivých kategoriích dopadů, metoda Eco-indikátor 99 V 2.06

kategorie dopadu	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí Buwal 250	spalování zemního plynu Buwal 250
		0.955254	5.36319	3.40977
karcinogeny	Pt	0.008463	0.522845	0.00403
organické látky způsobující respirační	Pt	0.001241	0.000565	0.000385
anorganické látky způsobující respirační potíže	Pt	0.637516	1.11862	0.141561
změna klimatu	Pt	0.025367	0.417198	0.246888
radiace	Pt	0.002828	0	0
poškození ozonové vrstvy	Pt	9.43E-05	2.77E-05	1.06E-05
ekotoxicita	Pt	0.006499	0.622469	0.00514
acidifikace a eutrofizace	Pt	0.076447	0.183179	0.035689
užívání půdy	Pt	0.018293	0	0
čerpání minerálů	Pt	0.00811	0	0
čerpání fosilních paliv	Pt	0.170396	2.49829	2.97607

Tabulka 62: Vážení srovnávací LCIA v jednotlivých skupinách dopadů, metoda Eco-indikátor 99

kategorie dopadu	Jednotka	spalování štěpky	spalování uhlí Buwal 250	spalování zemního plynu Buwal 250
	Pt	0.955254	5.36319	3.40977
lidské zdraví	Pt	0.675509	2.05925	0.392874
kvalita ekosystému	Pt	0.101239	0.805649	0.04083
zdroje	Pt	0.178506	2.49829	2.97607